

, L96

ACTA UNIVERSITATIS LUNDENSIS

NOVA SERIES

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT

NY FÖLJD

ANDRA AFDELNINGEN

MEDICIN SAMT MATEMATISKA OCH NATURVETENSKAPLIGA ÄMNER

I

1905

(K. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS I LUND HANDLINGAR. N. F. XVI)

LUND 1905—06

HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

DISTRIBUERAS GENOM C. W. K. GLEERUPS FÖRLAG I LUND

ACTA REGIÆ SOCIETATIS PHYSIOGRAPHICÆ
LUNDENSIS

KUNGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS I LUND
HANDLINGAR

NY FÖLJD

XVI

1905

(LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. AFD. 2. BD 1)

LUND 1905—06.

HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI.

DISTRIBUERAS GENOM C. W. K. GLEERUPS FÖRLAGSBOKHANDEL I LUND.

Innehåll:

1. BÄCKLUND, A. V., Om sammanhanget mellan osmotiskt och elektriskt tryck (sid. 1—37).
2. WALLENGREN, H., Zur Biologie der Muscheln, I. Die Wasserströmungen (pag. 1—64, mit 3 Tafeln und 8 Textfiguren).
3. WALLENGREN, H., Zur Biologie der Muscheln, II. Die Nahrungsaufnahme (pag. 1—59, mit 1 Tafel und 22 Textfiguren).
4. MURBECK, S., Contributions à la connaissance de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie. Deuxième série (pag. 1—40).
5. CHARLIER, C. V. L., Researches into the theory of probability (pag. 1—51, with 8 plates).
6. LIDFORSS, B., Studier öfver pollenslangarnes irritationsrörelser, II (sid. 1—41).

7. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1904—1905.

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 1. Nr 1.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 16. Nr 1.

OM SAMMANHANGET MELLAN
OSMOTISKT OCH ELEKTRISKT TRYCK

AF

A. V. BÄCKLUND.

FORTS. FRÅN FÖRFATTARENS AFHANDLING: OM DET OSMOTISKA TRYCKET,

I NÄST FÖREGÅENDE BAND AF DESSA HANDLINGAR.

Avec un Résumé en Français.

LUND 1905
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

Till grund för efterföljande utvecklingar ligger antagandet, att det är genom perioderna för sina egensvängningar som de särskilda atomerna skilja sig från hvarandra, när de äro fria, samt att två atomer, då de gå tillhopa till en molekul, ändra hvarandras svängningar till inbördes likhet. I min föregående afhandling »Om det osmotiska trycket» har jag redan dragit någon konsekvens häraf. I denna afhandling skall jag ytterligare fullfölja där förda räsonnement.

§ 1.

Enkelt-harmoniska vågors splittring genom i deras väg periodiskt uppträdande hinder.

1. Först vill jag ha anmärkt följande. Om en enkelt harmonisk våg framgår mot en öppning, som hastigt slutas af en fast vägg, innan vågen hunnit genom, så genomsläppes den blott delvis och reflekteras delvis och förvandlas sålunda såväl i en ny våg, som, lik den första, består lika mycket af förtätning som af förtunning, som ock i en i öfvervägande grad förtätad och i en annan i lika grad förtunnad våg, af hvilka den ena går tillbaka som reflekterad, däremot den andra framgår genom den antagna öppningen. Om t. ex. den reflekterande fasta väggen stått öppen från tiden $t=0$ till $t=\varepsilon$, och endast så länge, och $\tau(>\varepsilon)$ är tidsperiod för den ursprungliga enkelt harmoniska vågen, och denna vid sin ankomst till väggen haft sin förtätning (σ) varierande efter lagen

$$\sigma = a \sin \frac{2\pi}{\tau} (t - \lambda), \quad a \text{ konstant,}$$

så blir den reflekterade vågen närmast att förlikna vid en sådan våg med σ till yt-täthet, som skulle uppstått, om väggen hela tiden τ varit sluten, tillika med en därmed alltjämt förenad våg af förtätningen

$$\sigma = -a \sin \frac{2\pi}{\tau} (t - \lambda),$$

med t innehållet mellan 0 och ε , a konstant, med dock hastig, men kontinuerlig, öfvergång från 0 till a vid tiden 0, och från a till 0 vid tiden ε ; a sedan noll från ε till τ . En våg med den motsatta förtätningen skulle under samma tid ε framgått genom den antagna öppningen. Härtill skulle, strängt taget, äfven komma vågor från öppningens kanter och i följd af den fasta väggens framskjut-

ning, men de skulle utgöras lika mycket af förtätade som af förtunnade vågor och blifva därmed utan betydelse för de frågor, som här skola sysselsätta oss.

Det här nämnda är en omedelbar följd af att förtätning fortplantas som förtätning och så äfven reflekteras af en fast vägg, samt att liknande förhållande eger rum med förtunningen.

2. Vi kunna alltså sluta, att, *om en kontinuerlig serie af enkelt harmoniska vågor af gifven våglängd träffa en vägg, hvari öppningar uppstå periodiskt, och perioden härför är lika med perioden för de antagna vågrörelserna, skola däraf, jämte likadana reflekterade vågor med samma period, uppkomma enbart förtunnade vågor, gående åt ett håll, och enbart förtätade vågor, gående åt det motsatta hållet.*

3. Då en värmevåg inom en kropp träffar en af dess molekyler, förorsakar den täthetsförändring af dess eter, och denna täthetsändring fortplantar sig sedan genom molekylen och åstadkommer, efter det vågen passerat öfver, en egensvängning hos den. En kontinuerlig svit af värmevågor med samma period, som molekylens egensvängningar besitta, har därför den ansenligaste verkan på molekylerna, emedan hvar och en af dess vågor i detta fall förstärker den täthetsändring i molekylens eter, som närmast föregående våg åstadkommit. Om däremot värmevågorna ha en annan period, så kommer en hvar af dessa vågor att delvis förstöra föregående vågs verkan, på grund hvaraf äfven dylika vågor skola i en mindre grad absorberas. Skulle dock τ' vara värmevågornas och τ vara egensvängningarnas period, samt $m\tau' = n\tau$, m , n hela tal, så kunde vi säga, att m på hvarandra följande värmevågor förstärka de m föregående verkan, och inse häraf möjlighet för att en svit värmevågor af perioden τ' dock kan åstadkomma egensvängningar hos molekylerna, fastän desamma egensvängningarna ej ha perioden τ' , utan i stället perioden τ , — eller att nämnda värmevågor komma att delvis absorberas. *Hvad som absorberats återgifves sedan i form af värmevåg med perioden τ .* De förra vågorna af perioden τ' skola således på detta vis vid sin passage genom den antagna kroppen, helt och hållet eller delvis, förvandlas i värmevågor af perioden τ .

4. Om A är en värmeledare, och κ är dess molekylers absorptionskoefficient för värme, så skall på ett ställe i kroppen, hvarest dess täthet är ρ , det termiska (eller osmotiska) trycket bli lika med

$$(1) \quad p = 8\pi^2 \rho_0 \kappa \rho T, \quad (\rho_0 = \text{eterns täthet}),$$

enligt ekv. (26) sid. 14 i det »Osm. trycket». (Men detta gäller endast för de inre punkterna. För ytpunkterna gäller ej (1). I efterföljande art. 6 skall talas närmare om förhållandena vid värmeledarens fria gränsyta). — Vid jämvikt, då molekularrörelsen är inskränkt till allenast oscillationer omkring medellågen, måste p vara konstant, och således ρT konstant. För en homogen kropp är således i detta fall T konstant.

5. Då värmevågor framskickas genom A från en yttre värmekälla, placerad på något sätt vid sidan af A , så att det blir i en bestämd riktning samma vågor framgå genom A , så blir temperaturen störst närmast värmekällan¹⁾ och aftar därefter kontinuerligt i den ifrågakämda riktningen. För enkelhetens skull antaga vi, att antingen värmekällan står oändligt långt från A , — värmevågorna därifrån äro då plana vågor, — eller att värmets från värmekällan yttrar sig i den fria etern genom vågor af helt annan period, än som gäller för A -molekulernas egensvängningar. I båda fallen är formel (1) direkt tillämplig, och vi se däraf, att för alla punkter på en isoterm är A :s täthet densamma, när värmerörelsen blifvit stationär. Stationär kan den dock ej bli med mindre att värmets, som inströmmar i A , äfven å annat håll bortföres därifrån. Och om, som vi antaga, A :s molekyler icke råka i någon fortgående rörelse, så blir värdet för p konstant i A . Tätheten ρ blir då omvänt proportionell mot absoluta temperaturen, och A :s molekyler samlas härmed ihop till homogena lag utmed isotermerna.

Vi tänka då endast på hvad som A absorberar af värmevågorna utifrån, och som sedan fortplantar sig genom ledning från det ena till det andra molekyllaget. Det blir värmevågor med samma period som för egensvängningarna af A :s molekyler, och för dessa vågor stå, när rörelsen blifvit stationär, molekyllagen som väggar, som öppna sig periodiskt lika ofta som vågorna repeteras. Af art. 2 följer då, att inom A måste af de utifrån inkomna värmevågorna alstras en skara förtunnade vågor, som gå ut ett håll, och en annan skara af i samma grad förtätade vågor, som gå åt det motsatta hållet, men antingen i eller mot de första vågornas framskridningsriktning.

6. På ställena för de yttre vågornas inträde är formel (1) ej giltig, ty på dessa ställen spela molekulernas tvungna svängningar af nämnda vågors period en större rol än deras egensvängningar. Och liknande gäller äfven andra delar af A :s yta. Det tryck, hvilket, såsom (1), härrör allenast från molekulernas pulsationer, d. v. s. enkelt-harmoniska oscillationer i storlek, varierar därmed hastigt i närheten af kroppens yta. Det blir då nödvändigt, att ytpartiklarne råka i tyngdpunktsoscillationer, för att på något vis trycket inifrån skall motvägas. Trycket från tyngdpunktsoscillationerna skulle erhållas af krafterna (6) i »Osm. trycket» så som ofvanstående p (1) erhöles af krafterna (5) sammastädes.

Eller ock skulle, såsom mycket väl kan hända, de värmevågor, som i A fortplanta sig genom ledning från det ena till det andra molekyllaget, vid A :s yta reflekteras med omkastning af tecknet för förtätningen, i den mån de ej genom strålning eller ledning afgifvas utåt. Då komma nämligen ytpartiklarne icke i så betydliga egensvängningar som de inre, och trycket (1) på de förra från de senare blir då också mindre än trycket af samma slag inne i kroppen. Härtill kommer nu äfven en motsvarande omkastning af tyngdpunktsrörelsen för ytpartiklarne.

¹⁾ Obs. att T = kinetiska energien pr enhetsvolum för värmevågorna i kroppens eter. Se noten till sid. 13 i »Osm. trycket».

På ett liknande vis uppehållas värmevågorna i reflexioner fram och tillbaka mellan molekullagen, medan deras absorption inom kroppen försiggår, och häraf kommer sig vidare, att hastigheten för värmeledningen alltid är betydligt mindre, än för värmestrålningen.

§ 2.

Genom värme åvägabragt elektrisk polarisation.

7. En atom försättes af en enbart förtunnad våg i en hastig utvidgning, åtföljd af en jämförelsevis mycket långsam sammandragning. Då är atom tänkt bestå af en eller flera fasta kärnor med ett gemensamt, skarpt begränsadt, eterhölje, liksom de i min afhandling: »Zur Wellentheorie gasartiger Mittel» i B. 34 af Math. Annalen betraktade punkterna *S*. Se cit. afhandling sid. 421. Detsamma, om en enbart förtunnad vågs effekt, gäller tydligtvis äfven molekul, som utgöres af allenast en atom, men med molekul, som utgöres af två atomer, blir förhållandet i någon mån ett annat. Det kunde till en början förefalla som om den af molekulens två atomer, som träffas först af den förtunnade vågen, skulle få en hastig utvidgning, och samtidigt den andra en hastig sammandragning, och att, då vågen hunnit till den andra beståndsdelen af molekulen, det neutrala tillståndet skulle mera återställas. Och en enbart förtätad våg skulle räknas för att bli af motsatt verkan. Men vi rasonnera då som om båda atomerna hade, hvardera, lika lätt för att utvidga och sammandraga sig. *Dock anse vi detta icke vara händelsen för ansenligare utvidgningar och sammandragningar*, och vilja därför räkna med företrädesvis utvidgning af den ena och sammandragning af den andra atomen i molekulen, vare sig molekulen träffas af en enbart förtätad eller en enbart förtunnad, oändligt kort, våg, — härtill dock fogad någon sammandragning af molekulen i dess helhet i det förra och utvidgning i det senare fallet.

Upprepade sådana volumändringar, som hvardera bestå i hastig utvidgning med efterföljande långsamt återställande af den första volumstorleken, göra, enligt min afhandling i Math. Annalen B. 34 (eller »Elektrische und magnetische Theorien» i Lunds Univ. Årsskrift (1898) B. 34), atomen elektrisk, och af skäl, som jag framdeles, i art. 28, skall framhålla, bör detta tillstånd hos atomen dess närmare preciseras såsom positivt elektriskt. När atomen visar sig negativt elektrisk, är den inbegripen i hastiga sammandragningar med efterföljande långsamma återgångar till den första volumstorleken.

8. Angående de enbart förtunnade och förtätade vågor, på hvilka uppmärksamheten fästes i art. 5, är väl att märka, att de gå åt motsatta håll och därmed träffa olika sidor af molekullagen, och därför i det fall, att hvar molekul består af två atomer, snarast förstärka hvarandras verkan, då nu, såsom fordras för termisk jämvikts stabilitet (»Osm. trycket» sid. 8), molekulerna ha i närgränsande lag sina atomer dirigerade åt samma håll.

Af värmevågor, som framskickas i en bestämd riktning genom en värmeledare så som i art. 5 förutsattes, skola således, när hvarje af dess molekyler består af två atomer, dessa molekyler polariseras i vågornas framskridningsriktning, både termiskt (art. 5 i »Osm. trycket») och elektriskt, och dessutom skola, när temperaturen ej är konstant, molekylerna bilda sammanhängande lag utmed isotermerna, och *en elektrisk ström skall uppstå vinkelrät emot dessa*. I art. 10 skall jag tala vidare härom.

9. När värmeledaren i art. 5 står oändligt långt från A , kan A 's temperatur T vara konstant, och dock A vara såväl termiskt som elektriskt polariserad. Jag vill här endast tänka på polarisationen af det förstnämnda slaget. Därtill hör nu ock, när kroppen är omgifven af ett för värme *oledande* medium, ett termiskt ytlager, som *uppstått af den ändring af förtätning i förtunning, och omvänt, som åtföljer reflexionen af värmevågorna i A från A 's yta*. Här skulle, af en dylik omkastning af tecknet för förtätningen vid reflexionen, ytpartiklarne nu, då värme ej utgår från kroppen, förhindras från att komma i sådana pulsationer, hvori A 's inre partiklar äro stadda. Jfr art. 6 näst sista stycket. Genom sin termiska polarisation utgör A en termisk motsvarighet till ett dielektrikum, och särskildt för teckenändringen af värmevägens förtätning vid dess reflexion tillbaka från ytan, hvarigenom dess värmeverkan utåt är neutraliserad, en motsvarighet till de pyroelektriska kristallerna.

Anmärkas bör, att, om värmekällan blir fullständigt afstängd från A , så att icke längre värmevågor framskickas utifrån genom denna kropp, A ej kan bevara sin polaritet, vare sig i termiskt eller i elektriskt hänseende, men A 's temperatur blir i alla dess punkter lika.

§ 3.

Termoelektriska strömmar.

10. Jag skall här fortsätta betraktelserna i art. 8 öfver det fall, då värmevågor framströmma genom en värmeledare A i en bestämd riktning och temperaturen aftar i samma riktning. Innan värmeströmningen blifvit stationär i A , har värme däri upptagits och omsatts i såväl termisk energi

$$\int p dV$$

som elektrisk energi

$$\int p' dV.$$

Då förstår jag med p det termiska trycket på en i alla riktningar infinitesimal partikel af A af volumen dV och med p' det elektriska trycket sammastädes. Om partikelns termiska moment betecknas med $I dV$ och dess elektriska moment med $i dV$, så finna vi (jfr art. 5 i »Osm. trycket», där κ står i samma betydelse som $\kappa\rho$ här och i föregående ekv. (1)):

$$p = \frac{I^2}{2\kappa\rho} = 8\pi^2\rho_0\kappa\rho T \text{ och } p' = \frac{2\pi}{K} i^2,$$

K utmärkande dielektricitetskonstanten. Betecknas det af partikeln dV på det anförda sättet använda värmets med $E dV$, så få vi således:

$$(2) \quad E = p + p'.$$

Vid den föreliggande stationära rörelsen skulle E vara oberoende af t , samt p vara oberoende af både t och x, y, z . (Jfr art. 4, 5). Emellertid skulle, om dn vore ett stycke af en strömlinie mellan isothermerna T och $T + dT$, — strömlinien är vinkelrät mot isothermerna enligt art. 8, — och E samt $E + dE$ vore värdena på de dessa isotermer tillhörande värmeenergierna pr volumenhet,

$$(3) \quad \frac{dE}{dn} = c' \rho \frac{dT}{dn},$$

då vi med c' förstå specifika värmets vid konstant tryck. Nu följer af (2), efter hvad vi senast sagt, att

$$(4) \quad \frac{dE}{dn} = \frac{dp'}{dn},$$

och å andra sidan följer af värdet för p' , att

$$(5) \quad \frac{dp'}{dn} = \frac{4\pi i}{K} \frac{di}{dn}.$$

Vi kunna föreställa oss partikeln dV vara ett infinitesimalt stycke af en strömkanal med ofvanstående dn till höjd och ett arealelement ω af isothermen T till bas. Då blir $i\omega = q$, om med q förstås kvantiteten positiv (eller negativ) elektricitet i partikeln. Det i (5) ingående di blir då lika med $\frac{1}{\omega} dq = j dt$, om $j \omega dt$ är strömkvantum, som passerar genom ω längs med stycket dn under tiden dt . Detta strömkvantum skall framkallas af värmeströmmen: därför blir dt proportionellt mot dn , låt vara $dt = \lambda' dn$. Men tecknet för λ' är ej för alla kroppar detsamma, då det för somliga kroppar är positiv elektricitet och för andra är negativ elektricitet, som går i samma riktning som värmets. λ' kan för öfrigt ej med nödvändighet antagas för oberoende af T . — Vi få således skriva i (5):

$$\frac{di}{dn} = \lambda' j,$$

och skola därmed erhålla af (3), (4), (5):

$$j = \frac{Kc' \rho \omega}{4\pi q \lambda'} \frac{dT}{dn}.$$

Isothermerna äro nivåytor för ifrågastående ström. Om därför u, v, w äro dess komponenter utmed X, Y, Z -axlarna, så skola vi hafva:

$$(6) \quad u = -\alpha \frac{\partial T}{\partial x}, \quad v = -\alpha \frac{\partial T}{\partial y}, \quad w = -\alpha \frac{\partial T}{\partial z}, \quad \alpha = -\frac{Kc' \rho \omega}{4\pi q \lambda'},$$

α såsom innehållande $\lambda' q : \rho$ 1) ej nödvändigtvis oberoende af T .

1) Obs. att ρ har här ända från art. 4 betydelse af täthet för den förelagda ledaren.

Emedan såväl K som q/ω ingå i uttrycket för α , kunna vi ej tillämpa föregående räsonnement på elektriska ledare, hvilkas molekyler bestå hvardera af endast en atom. Det förefaller till och med af det föregående, som skulle elektrisk ström ej kunna framkallas på det angifna viset hos en elektrisk ledare, som icke i någon grad uppvisar karakter af ett dielektrikum. Men observera följande.

Äfven då hvarje molekyul i A består af endast en atom, blir den dock, då A är en värmeledare, polariserad af värmets så som i art. 5 i »Osm. trycket» beskrifvits ¹⁾, och i följe där af finna vi, när A genomströmmas af värmevågor i en bestämd riktning, och värmerörelsen blifvit stationär, det termiska trycket (p) konstant, och vidare, att molekylerna samla sig utmed isothermerna till sammanhängande lag, samt slutligen, såsom vi redan anmärkt i art. 5, att af dessa molekyllag enbart förtätade och enbart förtunnade vågor afskiljas från värmevågorna och framskickas i motsatta riktningar vinkelrätt mot molekyllagen, d. v. s. här vinkelrätt mot isothermerna. Men sådana enbart förtätade och förtunnade vågor konstituera en elektrisk ström i vanlig mening, efter min i »Elektrische und magnetische Theorien» (Lunds Univ. Årsskrift B. 34), I, § 5 gjorda framställning ²⁾. Därför skola vi i detta fall, sålunda ock då A är en metallisk ledare, finna i A en elektrisk ström i följe med värmeströmmen, med eller mot den, med isothermerna till nivååtor. Därför blir nu strömpotentialen en funktion af T , och alltså, när med u , v , w förstås strömkomponenterna å stället (x , y , z):

$$(7) \quad u = -k\alpha \frac{\partial T}{\partial x}, \quad v = -k\alpha \frac{\partial T}{\partial y}, \quad w = -k\alpha \frac{\partial T}{\partial z},$$

$k = A$:s elektriska ledningsförmåga, och $\alpha = f'(T)$, $f(T)$ strömpotential, $\Delta^2 f = 0$.

(Detta senare, emedan $\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$).

11. Vi se således, att i hvar och en värmeledare, hvars temperatur ej är konstant, utan där värmets i stället strömmar i en bestämd riktning, framgår i denna eller i den motsatta riktningen en elektrisk ström. Genom olika uppvärmning af särskilda partier af en stång af järn fås, som bekant, en elektrisk ström; likaså fås genom samma förfarande med en stång af koppar däri en ström, och denna till riktningen motsatt mot den förra. Af de väl för första gången af v. ETTINGHAUSEN och W. NERNST iakttagna termomagnetiska strömmarne i metallplattor äro de af det ena slaget termoelektriska strömmar af ofvan angifna beskaffenhet, som af magneten förts åt sidan, på det vis detta alltid sker, enligt HALL, med konstanta strömmar. De termomagnetiska strömmarne af det andra slaget gå med eller mot värmeströmmarne och torde, såsom det en gång förklarats af RIGHI och HURION, bero på en af magneten förorsakad ändring af plattans elektriska ledningsförmåga. (Se närmare härom i afhandlingar af v. ETTINGHAUSEN och W. NERNST

¹⁾ Detta skulle bero på den olika hastighet, hvarmed etervibrationer fortplantas inom atomén och utanför.

²⁾ Atomerna blifva härvid skiftesvis positivt och negativt elektriska.

i Annalen der Physik und Chemie, Neue Folge B. 31, 1887 sidd. 737, 760). Dylik ändring af elektriska ledningsförmågan ger sig tillkänna i alla de Halliska fenomenen. Om nämligen den magnetiska kraften står vinkelrätt mot plattan och där kan räknas för konstant lika med C , och plattans elektriska ledningsförmåga, då kraften ej finnes, är k , så kan den nu räknas att vara

$$k : (1 + k^2 \kappa^2 C^2),$$

med κ som en plattan tillhörig magnetisk konstant. (Se t. ex. min afhandling »Ueber die magneto optischen Erscheinungen» i K. Svenska Vetenskapsakademiens Arkiv för Matematik etc. B. 1 (1903)). — För de ifrågakädda strömmarne skulle vi enligt sid. 7 i min senast citerade afhandling och enligt ekvv. (7) häröfvan på följande sätt leda oss till de beträffande formlerna.

När plattans ena sidoplan tages till xy plan och i sammanhang härmed z -axeln tages i den magnetiska kraften C 's riktning, se vi snart, att potentialen $\int \alpha dT$ i (7) är reella delen af en $F(x + y\sqrt{-1})$. Då nämligen i (7) $\alpha = f'(T)$, blir elektriska potentialen $= f(T)$, och, då strömmen är stationär, måste

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0,$$

samt därmed enligt (7):

$$\Delta^2 f = 0, \text{ d. v. s. här } \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = 0,$$

alltså

$$f = X(x, y),$$

när

$$X(x, y) + \sqrt{-1} Y(x, y) = F(x + y\sqrt{-1});$$

alltså $\int \alpha dT = f =$ reella delen af en funktion af $x + y\sqrt{-1}$, såsom nyss nämndes.

Af min ofvan citerade afhandling i Vet. Akad. Arkiv B. 1 följer då, att af den magnetiska kraften C förvandlas strömmen (7) i den föreliggande plattan i efterföljande:

$$(8) \quad \left\{ \begin{array}{l} u = -\frac{k}{1 + k^2 \kappa^2 C^2} \frac{\partial}{\partial x} (X + k\kappa CY), \\ v = -\frac{k}{1 + k^2 \kappa^2 C^2} \frac{\partial}{\partial y} (X + k\kappa CY), \\ w = 0. \end{array} \right.$$

Kurvorna $X = \text{konst.}$, $Y = \text{konst.}$ skära hvarandra vinkelrätt. De första äro isotermer. Strömmarne:

$$(9) \quad \left\{ \begin{array}{l} u = -\frac{k^2 \kappa C}{1 + k^2 \kappa^2 C^2} \frac{\partial Y}{\partial x}, \\ v = -\frac{k^2 \kappa C}{1 + k^2 \kappa^2 C^2} \frac{\partial Y}{\partial y}, \\ w = 0 \end{array} \right.$$

framgå således längs isotermerna. De betecknas som en *transversaleffekt* af magneten C . Däremot framgå strömmarne:

$$(10) \quad \left\{ \begin{array}{l} u = k^3 \kappa^2 C^2 \frac{\partial X}{\partial x}, \\ v = k^3 \kappa^2 C^2 \frac{\partial X}{\partial y}, \\ w = 0 \end{array} \right.$$

vinkelrätt mot isotermerna. De betecknas som en *longitudinaleffekt* af samma magnetiska kraft C . Strömmarne (8) äro additivt sammansatta af dessa två: (9) och (10), samt af (7), hvilket vi lätt bemärka, blott vi iakttaga, att $k^2 \kappa^2 C^2$ är en mycket liten storhet.

Ann. Törhända de elektriska *diafragmaströmmarne* äro uppkomna ensamt af termiska strömmar. När vatten pressas genom en porös diafragma, uppstår, som bekant, en elektrisk ström, som får namn af diafragmaström. Jag anser, att den har sin orsak däri, att af vattnets passage genom diafragman uppväckas, genom friktionen, värmevågor, som skulle utbreda sig lika å ömse sidor om diafragman, i fall ej vattnet absorberade mest af dem af dessa vågor, som framgå i samma riktning som vattnet strömmar. Så sker af samma grund som tonen från en ljudkälla ter sig lägre för ett öra, som aflägsnar sig från ljudkällan, än för ett, som så ej gör. Men emedan vattnet absorberar mest af de vågor, som gå i vattenströmmens riktning, måste en verklig värmeström komma till stånd i motsatt riktning mot vattenströmmen, och af denna värmeström skulle sedan den elektriska diafragmaströmmen följa. — Till hvad jag sagt om vattnets absorption af värmevågorna vill jag ock foga en erinran därom, att det är värme af rätt lågt svängningstal, som absorberas mest: absorptionsstreckket ligger långt bort i det ultraröda, enligt KETTELER, COHN, HEERWAGEN.

§ 4.

Beröringselektricitet.

12. Ställas tvenne kroppar, A och B , i beröring med hvarandra, och äro de af olika material samt alltså ha olika perioder för sina egensvängningar, så framtränga värmevågor från den ena kroppen in i den andra, i följe hvaraf vid beröringsställena molekuleras egensvängningar försvagas, men andra hastiga sammandragningar och utvidgningar tillkomma, genom interferens mellan fria och tvungna svängningar. Dessa nya sammandragningar och utvidgningar bilda långtifrån någon kontinuerlig svit. Af dem göras molekulerne elektriska. — Vi må härvid erinra oss, att vi redan i art. 7 förutsatt, att af två atomer a och b af olika ämnen, som stå i beröring med hvarandra och som träffas af en enbart förtätad eller förtunnad våg, den ena, t. ex. a , hastigt utvidgar sig, och den andra, b , hastigt sammandrar sig, och detta oberoende af om a eller b träffas först af vågen. Detta må gälla äfven då a och b äro *molekuler* af olika ämnen. *Alltså skulle vi räkna för en första effekt af värmevågor, som ha en annan period, än egensvängningarna för molekulerne i den kropp, de träffa, att de göra kroppen elektrisk, innan de af densamma absorberas*

och däraf förvandlas i vågor med annan period. Jfr art. 3. Det kan bli lika mycket elektricitet af hvardera slaget, som kroppen härvid erhåller, och det blir så, när ej det är af en beröring mellan A och B , som de olika värmevågorna komma från A in i B och från B in i A , ty då blir det mellan A och B som de två olika slagen af elektricitet fördelas. Innan rörelsen blir stationär, ha A och B tillsammans lidit en värmeförlust, men i stället vunnit en lika stor elektrisk energi. Temperaturen tänker jag mig från början lika i A och i B . Den blir det äfven efteråt, men kan tydligen ej behålla samma värde som före beröringen, ty då skulle den termiska energiens belopp icke ha ändrats som sådan, men det är just med den vunna elektriska energiens storlek, som den har minskats.

Består hvarje molekul i A och B af endast en atom, och äro dessa kroppar fullkomliga ledare för elektricitet, samt A har fått kvantiteten elektricitet q , B kvantiteten elektricitet $-q$, och V_1 är elektriska potentialens värde i A , och V_2 dess värde i B , så blir den ifrågavarande minskningen i termisk energi lika med

$$\frac{1}{2}q(V_1 - V_2).$$

De hastiga sammandragningar och utvidgningar, som molekulerna erhållit vid kropparnes beröringsyta, ha, som sagdt, gjort dem elektriska, och sedan har däraf, enligt de af mig i Math. Ann. B. 34 p. 429—431 utvecklade grunderna, elektricitet vidare framkallats på andra ställen i A och B . I dem, då de äro fullkomliga ledare för elektricitet, inträder därför en sådan elektricitetsfördelning, som gör V_1 och V_2 konstanta. — I art. 24 skall detta ämne å nyo behandlas. —

13. Vi ha dock alltjämt antagit om kropparnes molekyler, att de bevara sin konstitution oförändrad. Men om en molekul består af två atomer, så kan det hända, att den sönderdelas af det tillförda värmets. Kanske att de två atomerna få tänkas ha sina punktuella beståndsdelar blandade om hvarandra i molekylen, men dock med dem, som tillhöra samma atom, i samma pulsationer och därmed attraherande hvarandra. Af förhöjdt värme kunna de så fördelas på två skilda områden, ett för hvarje atom, utan att molekylen därför förlorar sin karakter af ett helt. Men antag, att värme ytterligare tillföres, så kan molekylen komma att däraf förstöras. För att inse detta, må vi först bemärka, att partiklar ha helt andra svängningar som fria, än som ofria, och att af denna grund två atomer, som längs en del af sina gränssytor äro häftade vid hvarandra, men eljest äro fria, få egensvängningar af helt ny period, hvilka också blifva egensvängningar för den af dem sammansatta molekylen såsom fri. De två atomernas ifrågavarande svängningar måste blifva af motsatta slag, så länge deras beröring med hvarandra består. Men huru än dessa hvarann motsatta rörelser af atomerna skola fattas, såsom motsatta pulsationer eller hastiga, isolerade, mera plötsliga ändringar af volumernas storlek, af dem uppstå repulsioner emellan atomerna. Motsatta hastiga tyngdpunktsoscillationer skulle däremot lämna attraktioner emellan dem. («Osm. trycket» sid.

5). De nämnda repulsionerna förhindras till en början af trycket p på molekulen från att åtskilja dess beståndsdelar och gå för öfrigt vid atomernas lossning snart öfver i attraktioner. (»Osm. trycket» sidd. 5, 6). Tillfördt värme kan meddela molekulens punkter och så äfven nämnda dess beståndsdelar tyngdpunktsoscillationer i samma riktning, hvaraf nya repellerande krafter skulle uppkomma mellan dessa delar, dess atomer, och därigenom deras lossning från hvarandra fullbordas. Härvid förändras atomernas egensvängningar, och då tillkomma isolerade hastiga sammandragningar och utvidgningar af dem, såsom interferens-differenser emellan deras sinsemellan olika pulsationer som fria och deras tvungna motsatta pulsationer i molekulen. Om det nu vidare är så, att för samma tryck och temperatur två envärdiga atomer af olika slag hafva, då de äro fria, helt olika mottaglighet för sammanprässningar och utvidgningar, om det t. ex. förhåller sig så, att den atom, som lättast sammandrar sig, har svårast för att utvidga sig, så böra vi äfven föreställa oss, att af nyss omtalta hastiga volumändringar, som åtfölja atomernas separering och därtill hörande ändring af deras pulsationer, de hastiga sammandragningarna komma helt och hållet på den ena atomens lott och de hastiga utvidgningarna på den andras. Häraf skulle dessa atomer göras motsatt elektriska.

Molekulen skulle emellertid, så länge den består som ett helt, och det vill säga, så länge som de två atomerna däri utföra motsatta pulsationer med samma period, ha en potentiell energi $= pv$ ¹⁾ och en inre kinetisk energi, som tillhör oscillationerna för dess inre punkter, och som är frambragt af de repellerande krafterna emellan atomerna, eller rättare, emellan bådadas punktuella beståndsdelar, och som komma af deras motsatta pulsationer. När atomerna lossas, och molekulen sönderfaller, gå dessa senare repellerande krafter bort, och därmed förvandlas nämnda kinetiska energi i potentiell för atomerna. Vi rasonnera för öfrigt här så om en kropps molekyler som i »Osm. trycket» s. 9 o. följ., alltså som om de tillsammans bildade en homogen gas, och böra då äfven räkna med en ensam molekyel som vore den en gas. Dess nyss nämnda inre kinetiska energi skulle vara kinetisk energi för beträffande gas, och molekulens potentiella energi likaledes såsom potentiell tillhöra samma gas. Men då bör ock storleken af den förra vara lik den senares storlek, såsom fallet är för en våg i en gas²⁾, och det vill säga lika med pv . De två atomerna skulle, efter hvad vi nyss utvecklat, då de lossats och sedan genomträngt hvarandra, ha tillsammans erhållit molekulens både potentiella och kinetiska energi såsom potentiell. Dissociationsvärmets har lämnat atomerna en ny *kinetisk* energi. Jfr efterföljande art. 17. Därför skall sammanlagda *potentiella* energien af båda atomerna bli $2pv$.

Atomerna ha, som sagdt, vid molekulens dissociation blifvit elektriska samt uppta också hvar för sig samma rum som molekulen eller ett ännu större. Då den ena atomens elektriska energi är \sqrt{e} , blir den andras $-\sqrt{e}$. Då betyder V

¹⁾ v = molekulens volum.

²⁾ Se min afhandling »Zur Wellentheorie» etc. i Math. Ann. B. 34 s. 415.

potential af kroppens hela elektricitet, och e är kvantiteten elektricitet hos den separerade atomen. När de båda atomerna äro i begrepp att åtskiljas, så existerar mellan dem en elektrisk differens D , satisfierande villkoret

$$\frac{1}{2} eD = pv,$$

högra membrum utgörande molekulens kinetiska energi i den kort förut tagna meningen.

Nu är pv proportionellt mot den absoluta temperaturen (T), och för alla molekyler i lösning har för gifven temperatur pv samma värde, enligt van't Hoff; vidare är D proportionellt mot e . Alltså blir e^2 konstant för gifvet T , och därmed får, för en och samma temperatur, e samma värde för alla atomer, som uppkommit genom dissociation af molekyler. Häraf ses sedan, att e är en absolut konstant.

Skrifves den ena atomens potentiella energi $= p''v$, och den andras $= p'''v$, så få vi, efter det föregående, $p'' + p''' = 2p$. Om för Ve vi skriva Ev , så få vi det termiska trycket på den ena atomen $= p'' - E$, och det termiska trycket på den andra $= p''' + E$.

I »Osm. trycket» ss. 18, 19 satte jag dessa termiska tryck $= p$, då ofvanstående fråga där behandlades. Men så skall det vara, emedan atomers egensvängningar äro sammansatta af: 1:o rörelser, som till en del äro lika med och till en andra del äro motsatta mot atomernas elektriska rörelser, samt 2:o pulsationer af samma period som molekulens. Atomer af olika slag verka icke på hvarandra, då de äro oelektriska, men fria, på grund af sina pulsationers olikhet i period, men här, hvarest atomerna äro elektriska och ingalunda besitta sådana egensvängningar, som då de äro neutrala, är det de elektriska krafterna emellan dem, som upphäfva de tryck emellan dem, hvilka komma från deras motsatta pulsationer. Härpå beror det, att nu de lossade atomerna genomtränga hvarandra. *För likheten mellan deras och molekulernas pulsationer blir, i medeltal, det termiska trycket på dem lika med p . Af deras translationsrörelser kommer sig, att det ej är vida större. Nu oscillerar det blott öfver och under p .* Men i följd af dessa oscillationer genomtränga de separerade atomerna äfven de odissocierade molekulerna.

Skulle de två atomer, af hvilka molekylen består, vara af samma ämne, så skulle visserligen dissociation kunna ega rum, men utan olika elektrisering af de två atomerna, och utan att de, sedan de blifvit fria, genomträngde hvarandra. Hvardera atomen finge dock lika stor potentiell, här termisk, energi, som molekylen hade. Ofvan har jag dock, när jag talat om molekyler, som, hvardera, utgöras af blott en atom, tänkt mig dem så ordnade två och två tillsammans i värmeledaren, att de förefalla, som om de parvis bildade molekyler, hvilka vore termiskt polariserade.

14. Vi kunna af det föregående mycket väl förstå, hvarför af tveune kroppar, A och B , som ställas i beröring med hvarandra, och som bestå af enkla ämnen och ha samma temperatur, den ena blir positivt och den andra negativt elektrisk. Det förra inträffar med den, hvars atomer ha lättast för att utvidga sig. Af nämligen

de svängningar med ny period, som kropparnes molekyler vid beröringsställena påtvinga hvarandra, erhålla de molekyler, som ha lättast för att utvidga sig, positiv elektricitet, och de andra, som ha mindre lätt för att utvidga sig, men då också, efter vårt nyss gjorda antagande, skola ha lättast för att sammandraga sig, negativ elektricitet.

Men vi måste äfvenledes räkna med den möjligheten, att vid beröringsytan *A*-atomer bilda med *B*-atomer nya molekyler, med neutralisering af sin elektricitet och därvid ändring af en potentiell energi i kinetisk.

15. Men viktigare är följande anmärkning. Enligt hvad som sagts i näst sista stycket af art. 13 är det ingalunda så, att från en molekyul separerade atomer förhålla sig på samma vis som fria atomer kunde göra. De separerade atomerna ha egensvängningar, som äro sammansatta af molekyulens egensvängningar och af elektriska rörelser af oafbrutet ett och samma slag, men det är ej sådana svängningar, som fria atomer utföra. Hvar och en harmonisk svängning, — och sådan anse vi en fri (neutral) atoms svängning vara, — kan väl betraktas som sammansatt af en annan enkel svängning med godtycklig period och en därtill fogad rörelse af elektriskt slag, men denna senare vore då att fatta ena gången som en hastig sammandragning och gången därpå som en hastig utvidgning af atomen: denne skulle då själf fattas som skiftesvis positivt och negativt elektrisk. Annat inträffar, som sagdt, med en dissocierad molekyuls atomer, eller med atomer, som stå i beröring med hvarandra, ja, äfvenså med molekyler, som beröra hvarandra.

Om således jämvikt råder inom två kroppar, som stå i beröring med hvarandra, skulle vi ha rätt att rasonnera om dem, som funnes inom båda ett lika tryck af samma slag, men därjämte kropparne vore laddade med elektricitet af motsatta slag, till samma myckenhet för båda. Från dessa elektriska laddningar skulle de krafter komma, hvilka skulle medföra blandning mellan kropparne.

16. Det blir omöjligt, kunna vi förstå af det föregående, af t. ex. det senast nämnda, att tvenne kroppar af samma material och af samma täthet bli elektriska genom beröringen, ty därför fordras med nödvändighet, att deras molekyler ha olika egensvängningar, alltså att de äro olika beskaffade. Men om kropparne äro af samma ämne och icke ha samma täthet, så blir det termiska trycket olika hos dem. («Osm. trycket» formel (26), (29)). Här af förorsakas blandning mellan kropparne. Men under det olika tryck, som deras molekyler stå, bli deras egensvängningar också olika, och därför bli äfven nu, enligt det föregående, kropparne elektriska. Skulle särskildt tvenne lösningar föreligga af samma ämne, men af olika koncentrationsgrad, så spela deras i atomer (ioner) dissocierade molekyler en alldeles särskild rol. Om med *a*, *a'* vi beteckna positivt elektriska och med *b*, *b'* negativt elektriska dylika atomer i de två lösningarne, *A* resp. *A'*, hvarest trycket är *p* resp. *p'*, så bli nämnda *a*, *b* resp. *a'*, *b'* utsatta för trycken *p* + *E*, *p* — *E* och *p'* + *E'*, *p'* — *E'* resp. För olikheten mellan *p* och *p'* skulle åter *a* och *a'* råka i olika enkelt-harmoniska svängningar, vid sida om de elektriska. Därmed skulle,

då vi endast tänka på de af ionerna (a) och (a') utgjorda delarne af A och A' , nödvändigtvis vi behöfva räkna med två a och a' vid ett beröringsställe, såsom om de delvis genomträngde hvarandra där. På samma vis skulle vi räkna med b och b' vid samma ställe. De förra (aa') skulle vara positivt och de senare (bb') negativt elektriska. Men i hvarje (aa') skulle dessutom den ena delen ha ett öfverskott af positiv elektricitet, så att de båda delarne uppträdde gentemot hvarandra som försedda med lika kvantiteter positiv och negativ elektricitet. Ty på annat vis än genom ett $\pm E''$ kan ej olikheten i p och p' motvägas. Och detsamma kunde sägas om (bb'). Vi må föreställa oss (aa') och (bb') i samma rum. Då skulde följa, att beröringsytan mellan A och A' förefölle som belagd med positiv elektricitet å den ena och negativ elektricitet å den andra sidan. Det är emellertid ej möjligt att af det föregående bilda sig någon föreställning om, hvilkendera af beröringsytans två sidor som skulle vara belagd med positiv elektricitet.

Af A och A' och andra ledare bilda vi en ringformig kedja. Håri skulle de positiva a -ionerna drifvas åt ett håll, låt vara från A till A' , och de negativa b -ionerna gå åt det motsatta hållet. Alla a -ionerna uppfatta vi som främmande kroppar, sväfvande i en gas, som fyller hela A -rummet och som egentligen utgöres af A -molekuler. Och med b -ionerna räkna vi på samma sätt som med kroppar i till och med samma gas som a -ionerna. Och liknande ha vi att säga om a' - och b' -ionerna. Tänka vi så särskildt på en a -ions rörelse. På a verkar för det första en elektrisk attraktion med potentialen eV , för det andra motstånds- eller friktionskrafter, som komma från ionernas pulsationer och från oscillationer i deras translationshastigheter; slutligen, då a - och b -ionernas harmoniska pulsationer ha samma period, som A -molekulernas, skola vi äfven räkna med det härifrån kommande osmotiska trycket p , och därmed som med ett gastryck. Jfr näst sista stycket af art. 13. A och B antagas alltjämt ha samma temperatur T .

Hvad p beträffar, vill jag anmärka följande. Om molekulerna i en kropp befinna sig i en stationär rörelse, — som mycket väl kan vara en periodisk oscillationsrörelse, — så synes af hvad som är utveckladt å sid. 9 i »Osm. trycket», att

$$p + \frac{1}{2} \rho H^2 = k\rho T,$$

när H är hastigheten för en molekul, ρ är kroppens täthet och k en absorptionskoefficient för värmnet. Detta gäller i första hand den polariserade molekulen, men enligt art. 13 äfven för därifrån separerade ioner. För a -ionen skulle alltså, om h' vore dess translationshastighet och v dess volum:

$$v(p + \frac{1}{2} \rho h'^2) = kmT,$$

med m = massan af molekulen (ab). För öfrigt är $km = 2$ gr. kal. per grammolekul. Här blir $p + \frac{1}{2} \rho h'^2$ analogt med ett hydrostatiskt tryck, som jag för korthets skull vill beteckna med P . Nu följer å andra sidan, enligt den bekanta rörelseekvationen

för en främmande partikel (a) i en gas, då rörelsen är stationär, att för ionen a med volumen v och elektriciteten e , när vi med U' förstå a :s hela energi:

$$(12) \quad dU' = -vdp' - edV + dM',$$

hvarest dM' är arbetet af de omtalta motstånds- eller friktionskrafterna och p' det *hydrodynamiska* trycket. Likaså skall det gälla för en negativ b -ion, som äfven har v till volum och som i *motsatt* riktning beskriver samma infinitesimala vägstycke (ds) som föregående a , att

$$(12') \quad dU'' = -vdp'' - edV - dM''.$$

Här är dV precis samma differential som i föregående ekvation, och $-dM''$ arbetet af motståndskrafterna.

Emellertid låter jag härefter p' och p'' betyda *hydrostatiska* tryck och i sammanhang härmed dU' och dU'' ändringar i *inre* energi och skrifer alltså

$$dp' = -dp'' = dP$$

och sätter för öfrigt

$$(13) \quad vP = kmT \text{ eller } 2T,$$

då jag räknar med grammioner och grammkalorier.

17. Angående motståndsarbetet dM' är följande att nämna. Då en molekul dissocieras i ioner, behålla dessa samma pulsationer:

$$\frac{dv}{dt} = \mp 4\pi\omega \sin nt,$$

som de hade i molekulan, men få därjämte elektriska egenskaper. Jag vill antaga, att samma kraft, som förorsakar dissociation, äfven åstadkommer oscillationer i ionernas tyngdpunktsrörelse, med samma period som för pulsationerna¹⁾, och att härför gäller en formel:

$$(14) \quad h = -4\pi\lambda h' \sin nt$$

för a -ionen, och formeln:

$$(15) \quad h = +4\pi\lambda h'' \sin nt$$

för b -ionen. Oscillationsamplituden är för båda proportionell mot den uppstående translationshastigheten, hvilken skall vara h' för a -ionen och h'' för b -ionen.

Genom någon liten ändring af formel (6) i »Osm. trycket» erhålla vi härefter kraftfunktionen, som uppkommer af nämnda oscillationer i translationshastigheterna samt af de till a - och b -ionerna i A hörande dv/dt , som äro:

$$(16) \quad -4\pi\omega \sin nt \text{ resp. } +4\pi\omega \sin nt \text{ } ^2);$$

¹⁾ Obs. hvad som sades i slutet af det andra stycket i art. 13 om dissociationsvärmets, att det har sin ekvivalent i *kinetisk* energi för ionerna, — eller, tillägga vi, i elektrisk strömenergi hos dem, eller i bådadera.

²⁾ Obs. Elektricitetskvantum e är af samma storhetsklass eller dimension som $\omega\sqrt{\rho_0}$.

eller vi taga uttrycket för funktionen i fråga direkt af formel (25') i min afhandling »Zur Wellentheorie» etc i Math. Annalen B. 34 s. 407. Vi få då:

$$(17) \quad M' = -3\pi\rho_0\alpha\omega \left(\sum \frac{h'v \cos Rh'}{R^2} - \sum \frac{h''v \cos Rh''}{R^2} \right),$$

med den första summan utsträckt öfver alla a -ionerna i A , med undantag af den, hvartill venstra membrum speciellt hänför sig, och som är centrum för R , samt den andra summan utsträckt öfver alla b -ioner i samma A . Det framför parentesens stående ω tillhör den särskildt betraktade a -ionen. En term är ej medtagen, nämligen denna:

$$(18) \quad + 3\pi\rho_0\alpha h'v \sum \frac{\omega \cos Rh'}{R^2},$$

hvarest R räknas som förut, i anseende till sin riktning, från a -ionen, h' och v hänföra sig uteslutande till samma ion, och summan med däri ingående ω är att utsträcka öfver alla a - och b -ioner med samma svängningstal för oscillationerna i sina volumer och translationshastigheter, som vi hade för den a -ion, hvartill M' hänför sig, och som, såsom sagdt, är centrum för afstånden R . Men då ω är positivt för a -ionerna, är det negativt för b -ionerna. Härför, och då a - och b -ioner förefinnas till samma antal och fylla samma rum A , blir den sist uppskrifna termen att försumma. — Ionerna i A' skola, på grund af de olika perioderna för sina oscillationer i translationshastighet och i volum, icke utöfva något inflytande på den särskilda a -ionen, så länge som den är i A .

Alltså skall gälla för a -ionen, då den är i A :

$$M' = -3\pi\rho_0\alpha\omega (h' + h'') \sum \frac{v \cos Rh'}{R^2}.$$

M' blir därmed potential af A , uppfattadt som likformigt magnetiseradt i riktningen h' , och därmed dM' , taget i h' 's riktning, negativt; vi anse till och med en sådan korrektion af det föregående nödig, som lämnar oss i (12), så länge a -ionen blir i A :

$$(19) \quad dM' = -12\pi^2\rho_0\alpha\omega (h' + h'') ds.$$

Likaledes för en b -ion i A :

$$M'' = -3\pi\rho_0\alpha\omega (h' + h'') \sum \frac{v \cos Rh''}{R^2},$$

och häraf, så länge b -ionen blir i A , i (12'):

$$(20) \quad dM'' = +12\pi^2\rho_0\alpha\omega (h' + h'') ds,$$

dM'' taget i h' 's, och icke i h'' 's, riktning; således:

$$(20') \quad dM'' = -dM'.$$

18. När a -ionen passerar genom skiljeytan mellan A och A' , ändras svängningstalet för dess oscillationer (14), äfven som för dess pulsationer (16), och tillika ändras dess α och v , men ej dess h' , emedan rörelsen antagits vara stationär,

och det skall ha till följd, att för en strömkanal produkten af hastighet och tvärsnitt skall bli konstant. Vi vilja tänka oss alltjämt räkna ej precis med blott en ion a , utan med inbegreppet af alla dylika ioner på ett tvärsnitt i en strömkanal, eller rättare, vi räkna med inbegreppet af alla de a -ioner, som på sekunden passera genom ett dylikt tvärsnitt, såsom ofvan med en enda a -ion¹⁾. Och då skola vi i (17) och i (18) endast taga hänsyn till de med denna a lika oscillerande och pulse-
rande andra a - och b -ioner. Men b -ionerna röra sig åt motsatt håll mot föreva-
rande a , och deras oscillationsperioder te sig därmed alltid annorlunda för a , än a :s egna. Vi måste därför nu räkna endast med den första summan i (17) och där endast med de a närmast åtföljande a -ionerna²⁾. Detsamma gäller (18). Då skulle, när a går från A till A' :

$$\int_A^{A'} dM' = -3\pi\rho_0 h' \int_A^{A'} d\Sigma \frac{\kappa' v\omega \cos R'h'}{R'^2}, \quad \kappa' = \kappa_a - \kappa_a,$$

med $R'h'$ en spetsig vinkel och summan utsträckt öfver a närmast efterföljande a -ioner. Likaså skulle, när b går från A' till A :

$$\int_{A'}^A dM'' = -3\pi\rho_0 h'' \int_{A'}^A d\Sigma \frac{\kappa'' v\omega \cos R''h''}{R''^2}, \quad \kappa'' = \kappa_a - \kappa_a = -\kappa',$$

med $R''h''$ en spetsig vinkel och summan utsträckt öfver b närmast efterföljande b -ioner. Om vi då för korthetens skull skrifva:

$$(21) \quad \int_A^{A'} dM' = h'\mu,$$

så skola vi ock skrifva:

$$(22) \quad \int_{A'}^A dM'' = h''\mu.$$

Och i fall i A' trycket (P') är större än det i A , hvilket inträffar, då A' är en mera koncentrerad lösning, än A , så blir μ positivt. Härtill sluta vi emellertid bäst genom den första af efterföljande formler (26).

19. När temperaturen är densamma i A och i A' , bli energierna U' och U'' konstanta. Vi finna därför af (12) och (12'), att för a - och b -ionernas rörelse i A , där temperatur och osmotiskt tryck P äro konstanta, enligt (12), (12'), (19), (20) det måste gälla, att:

$$(23) \quad -e \frac{dV}{ds} = \lambda(h' + h''),$$

¹⁾ Det är för nämnda inbegrepp som volumens v (i (12)) kan betraktas för konstant, och ej för en ensam a .

²⁾ Vi måste nämligen taga hänsyn till, ej blott huru af själfva rörelsen (h') oscillations- och pulsationsperioden förändras (efter Dopplers sats), utan ock huru speciellt en hastig dylik ändring inträder vid öfvergången mellan A och A' . — Se min afh. i Math. Ann. B. 34 ss. 394, 395, 407.

med λ som förkortning för $12\pi^2\rho_0\kappa\omega$. För rörelsen inom A' skulle

$$(24) \quad -e \frac{dV}{ds} = \lambda'(h' + h''),$$

λ' ett annat än λ , därför att κ har annat värde i A' , än i A .

För rörelsen genom skiljeytan mellan A och A' skulle, enligt samma (12), (12') och (21), (22):

$$\begin{aligned} -\int_A^{A'} v dP - \int_A^{A'} e dV + \mu h' &= 0, \\ \int_A^{A'} v dP - \int_A^{A'} e dV - \mu h'' &= 0. \end{aligned}$$

Den första ekvationen hänför sig till a -ionen och den andra till b -ionen.

Af dessa ekvationer följer, efter elimination af μ och då vi iakttaga, att e skall vara konstant (art. 13):

$$(25) \quad (h' + h'') e \int_A^{A'} dV = (h' - h'') \int_A^{A'} v dP,$$

och äfven:

$$(26) \quad \mu(h' + h'') = 2 \int_A^{A'} v dP, \quad \mu(h' - h'') = 2 \int_A^{A'} e dV.$$

20. Vi tillämpa de föregående formlerna på en strömkanal genom A och A' . Om α är strömkanalens tvärsnitt, så bli $\alpha h'$ och $\alpha h''$ konstanta, samt

$$(27) \quad \alpha \frac{e}{v} (h' + h'') = J,$$

lika med intensiteten af strömmen i kanalen. Genom multiplikation af (23) och (24) med α framgår ekvationen:

$$(28) \quad J = -\frac{e^2}{\lambda} \frac{\alpha}{v} \frac{dV}{ds}$$

för A , samt

$$(28') \quad J = -\frac{e^2}{\lambda'} \frac{\alpha'}{v} \frac{dV}{ds'}$$

för A' . *Detta är Ohm's lag.* $\frac{\lambda v}{e^2}$ och $\frac{\lambda' v}{e^2}$ få betydelse af specifika motstånd.

Arbetet af motståndskrafterna mot strömningen i ett infinitesimalt parti ds af strömkanalen blir lika med, pr tidsenhet:

$$\frac{\alpha h'}{v} dM' - \frac{\alpha h''}{v} dM''$$

och alltså i A lika med

$$-\frac{\alpha \lambda}{v} (h' + h'')^2 ds$$

eller ((23), (27))

$$(29) \quad -J^2 \frac{\lambda v}{e^2} \frac{ds}{\alpha} \text{ eller } JdV \text{ pr sekund.}$$

Det är ett negativt arbete. Dess motsvarighet i omgifvande eter är ett lika stort positivt arbete, är en värmeenergi, som afgifves af strömmen vid dess gång genom ds . Och det är JOULE'S uttryck för detta värme, som vi erhållit.

21. Men konsekvenserna af (25) och (26) äro ej mindre viktiga. Här ha vi enligt (13), när vi tillämpa formeln på en grammion och räkna V i Volt:

$$vP = 2T$$

samt $e = 96500$ Coul. = $23070 \frac{\text{Kal}}{\text{Volt}}$. Formel (25) gifver oss då den elektriska differensen mellan A' och A , som är $\int_A^{A'} dV$ eller $V_{a'} - V_a$, i Volt:

$$(30) \quad V_{a'} - V_a = \frac{1}{23070} \frac{h' - h''}{h' + h''} 2T \log_{\text{nat.}} \left(\frac{P_{a'}}{P_a} \right).$$

Men om N är A :s och N' är A' :s koncentrationsgrad, så få vi, enligt en sats af VAN'T HOFF¹⁾, $P_{a'} : P_a = N' : N$, och ofvanstående formel sammanfaller så med den af NERNST för detta fall utvecklade.

Motståndsarbetet mot strömmen vid dess öfvergång öfver skiljeytan mellan A och A' kunna vi ock beräkna. Per tidsenhet vandra $\frac{\alpha h'}{v}$ a -ioner och $\frac{\alpha h''}{v}$ b -ioner genom tvärsnittet α af denna yta, och det är motståndskrafternas arbete på dessa ioner, medan de passera genom skiljelaget mellan A och A' , som vi åsyfta. Det kommer till en del från det osmotiska trycket, och denna del af det ifrågavarande arbetet är till storleken

$$(31) \quad -\frac{\alpha}{v} (h' - h'') \int_A^{A'} v dP,$$

och till en andra del kommer det från ionernas rörelse, och det arbetet är af storleken

$$(32) \quad \frac{\alpha \mu}{v} (h'^2 - h''^2).$$

Efter ekvv. (25), (26) är arbetet (31) lika med

$$-\frac{1}{2} \frac{\alpha \mu}{v} (h'^2 - h''^2),$$

och därmed blir sammanlagda beloppet af arbetena (31), (32) lika med

$$\frac{1}{2} \frac{\alpha \mu}{v} (h'^2 - h''^2),$$

¹⁾ Se »Osm. trycket» s. 17, formel (29).

som efter den andra af ekvv. (26) och ekv. (27) också kan skrivas helt enkelt som

$$(33) \quad \int_A^{A'} dV \text{ eller } J(V_{a'} - V_a).$$

Det skulle emellertid vara ett dubbelt så stort arbete, nämligen arbetet (32), som i form af värme skulle i sekunden kommit till synes för omgifningen, om ej strömmen själf konsumerat hälften däraf.

22. Riktningen af strömmen bestämes naturligtvis ej ensamt af $V_{a'} - V_a$, utan äfven af de öfriga elektriska differenserna i kedjan. Tänka vi särskildt på ett af HELMHOLST'S koncentrations-element, för hvilket A och A' äro två lösningar af kopparvitriol af olika koncentrationsgrad, hvarti två kopparplattor äro nedförda och tjäna som elektroder. Vi beteckna dessa plattor med M_1 och M_2 , särskildt med M_1 den, som är nedsänkt i A , och alltså med M_2 den andra plattan, som är nedsänkt i A' . Med $M_1|A$, $A|A'$ och $A'|M_2$ skola utmärkas de elektriska differenserna mellan M_1 och A , mellan A och A' samt slutligen mellan A' och M_2 . Den ström, som erhålles, då M_1 och M_2 förbindas med en metalltråd utanför elementet, skall antagas gå inom elementet från A till A' . Anionen a går då i denna riktning. Den är i föreliggande fall af samma ämne som M_1 och M_2 , alltså en kopparion. Från M_1 afskiljas dessa ioner. Till M_2 samla de sig och öfvergå där i atomer. Vid dylik förvandling bortgår ionens elektricitet, och därmed ändras dess pulsationer till likhet med pulsationerna för M_2 's atomer; äfven ändras dess energi, med låt vara ΔU , och enligt ekv. (12) skall då för denna a -ions öfvergång från A' till M_2 , alltså från ion till atom, gälla, att:

$$(34) \quad \Delta U = - \int_{A'}^{M_2} v dP + eA'|M_2 + \int_{A'}^{M_2} dM'.$$

Och för den omvända processen, då från M_1 en atom går som ion in i A , efter att således ha ändrat sina pulsationer till likhet med A -molekulernas, hvilket ej kunnat ske utan samtidig elektrisering, skola vi erhålla ekvationen:

$$(35) \quad -\Delta U = - \int_{M_1}^A v dP + eM_1|A - \int_{M_1}^A dM'.$$

Såväl ΔU som $\int dM'$ få i båda ekvationerna samma värden, då nu M_1 och M_2 äro af samma ämne. Äfven är P detsamma i M_1 och i M_2 , nämligen lika med $k\sigma T$, då T är temperaturen, σ tätheten för M_1 , lik den för M_2 , samt k en absorptionskoefficient för värme. Följaktligen skola vi genom addition af de båda ekvationerna finna:

$$(36) \quad e(M_1|A + A'|M_2) = - \int_A^{A'} v dP.$$

Adderas härtill värdet för $eA|A'$, hämtadt från ekv. (25), så se vi, att:

$$e(M_1|A + A|A' + A'|M_2) = -2 \frac{h'}{h' + h''} \int_A^{A'} v dP.$$

Summan af de elektriska differenserna i det föreliggande koncentrationselementet är således i Volt (jfr ekv. (30)):

$$-\frac{4T}{23070} \frac{h'}{h' + h''} \log_{\text{nat}} \left(\frac{N'}{N} \right),$$

således negativt, och inom elementet går därmed strömmen från den mera utspädda till den mera koncentrerade lösningen.

23. Till M_2 komma, som sagdt, a ioner, och till M_1 b -ioner. Men dessa senare råka ej därför in i samma osmotiska tryck som M_1 's molekyler. Om så skedde, skulle b -ionerna antaga svängningar med nämnda molekylers svängningstal. I stället skola b -ionerna utjämna sina pulsationer med pulsationerna hos närgränsande a -atomer i M_1 och härvid med dem bilda (ab) -molekyler, och M_1 skulle erhålla ifrågakvarande b -ioners elektricitet. Att de nya (ab) -molekylerna genast dissocieras, eller äro från början dissocierade, betrakta vi som en process för sig. Deras a bortföras emellertid i strömmens riktning, åt M_2 till. Och här vill jag vidare ha anmärkt följande. Då den positiva elektriciteten hos a beror på en eterförtunning, och då strömkedjan genomvandras af enbart förtätade etervågor i en riktning och enbart förtunnade etervågor i den motsatta riktningen, samt de positiva a måste gå emot de enbart förtunnade etervågorna¹⁾, så sluta vi, att *det är i den positiva strömmens riktning som de enbart förtätade etervågorna framgå*. Nämnda enbart förtunnade och enbart förtätade etervågor skola delvis på det sätt vidmakt hållas af de eterförtunnningar resp. eterförtätningar, som a - och b -ionerna föra med sig åt M_2 resp. M_1 , att dessa dervid göras motsatt elektriska och så utskicka å ömse håll två skaror af *sammansatta* vågor, med sina förtunnade och förtätade delar i *motsatt* ordningsföljd, hvilka sedan vid sin fortgång genom A och A' ordna (ab) -molekylerna i lag, hvaraf efteråt, — såsom följer af utvecklingarna i paragraferna 1 och 2, — de samma vågor splittras i enbart förtunnade och förtätade vågor, som framgå i bestämda, hvarandra motsatta riktningar.

§ 5.

Jonisering vid beröringen.

24. Må A betyda en metallisk kropp och B en annan, äfvenledes metallisk. De skola stå i beröring med hvarandra, och för enkelhetens skull antaga vi, att deras molekyler bestå af blott en atom hvardera. Vid beröringsytan finna vi således a - och b -atomer af A resp. B i kontakter med hvarandra. Emellertid skola A 's och B 's värmevågor ha samma perioder som kropparnes inre punkter ha för sina pulsationer, och då dessa äro olika för båda kropparne, måste vid beröringsställena deras ytpunkter a och b med hvarandra utjämna sina pulsationer och därvid, som alltid vid sådan utjämning, blifva motsatt elektriska. Härvid kan det

¹⁾ Hvarför jag så antar det vara, förklaras i min afhandling »Zur Wellentheorie» etc. å sidd. 433, 434 i B. 34 af Math. Ann.

hända, att af värmetrycket i A partikeln a föres in i B , och i så fall bör en ekvation kunna uppställas för a , analog med (34). Det skulle blifva ekvationen:

$$\Delta U = - \int_A^B v dP - e \int_A^B dV + \int_A^B dM',$$

om e vore a :s elektricitetskvantum. Här skulle $\Delta U = 0$, då temperaturen är densamma i A och B , emedan a i så fall hvarken vunnit eller förlorat i energi, utan energiformen blott delvis förändrats. $\int dM'$ skulle ej försvinna, enligt art. 18, ty just ett af de där gifna uttrycken skulle vi bruka, nämligen:

$$\int_A^B dM' = \mu h'.$$

Här är h' egentligen icke någon translationshastighet, utan proportionell mot en maximalamplitud för en oscillation af a :s tyngdpunkt, som är ej mindre nära förbunden med dess translation, än med dess pulsation. Ty det var af föregående formel (14) som h' inkom i formel (21) för M' . Vi draga därför af den här först anmärkta ekvationen denna slutsats:

$$(37) \quad - \int_A^B v dP - e \int_A^B dV + \mu h' = 0.$$

Och nu skulle också B -atomer (b) tänkas inkomma i A , efter att genom beröringen med a -atomer ha råkat i med dem motsatta pulsationer och ha erhållit motsatt elektricitet mot dem, och då skulle vi visserligen ha funnit b -atomer stanna i A , men med fortsatta oscillationer både i hänseende till volum och tyngdpunkt, och vi skulle då ha haft (art. 19):

$$(38) \quad - \int_B^A v dP + e \int_B^A dV - \mu h'' = 0.$$

Här skulle vi emellertid sätta ej blott $\int_B^A dV$ lika med $-\int_A^B dV$ i (37), utan ock $\int_B^A v dP$ lika med $-\int_A^B v dP$ i samma ekv. (37), ty vi anse, att det är från de till ett beröringsställe emellan A och B närliggande partier af dessa kroppar, som de i den betraktade vandringen stadda a - och b -ionerna utgått.

Vi skulle då vidare för det föreliggande fallet fortsätta med det räsonnement, som vi fört i artt. 20 och 21 om de likalydande ekvationerna från art. 19, och skulle alltså säga, att äfven nu:

$$B|A = \frac{1}{e} \frac{h' - h''}{h' + h''} \int_A^B v dP,$$

med h' och h'' som medelvärden för a - och b -ionernas vandringshastigheter in i B resp. A .

I denna formel ingå h' och h'' allenast i sitt förhållande till hvarandra, och då detta förhållande antages vara till sitt talvärde oberoende af A :s och B :s di-

mensioner och yttre former, så se vi af föregående ekvation, att detta äfven skall vara fallet med den elektriska differensen mellan B och A .

Af art. 12 följer emellertid härefter, att A och B skola ha lidit en minskning i termisk energi af storleken

$$\frac{q}{2e} \frac{h' - h''}{h' + h''} \int_A^B v dP,$$

när med q förstås kvantiteten positiv elektricitet i A och B , och B är positivt elektrisk.

25. Den elektriska strömmen genom en fast, trådformig, metallisk kropp, hvars molekyler bestå af blott en atom hvardera, är i regeln betingad af två skaror af enbart förtätade och enbart förtunnade etervågor, af hvilka de första skola göra atomerna ¹⁾ i ledaren negativt och de andra göra samma atomer positivt elektriska. Medan en atom är positivt elektrisk, räkna vi med den som med en a -ion, och medan den är negativt elektrisk, som med en b -ion. I det förra tillståndet går den mot de förtunnade, och i det senare mot de förtätade etervågorna. Dessa rörelser ha dock för närvarande betraktelser betydelse endast för så vidt som de blifva beledsagade af enkelt-harmoniska oscillationer för atomernas tyngdpunkter med samma period som deras enkelt-harmoniska oscillationer i volum, d. v. s. pulsationer. För dessa enkelt-harmoniska oscillationers skull bli samtliga formlerna i artt. 20 och 21 äfven här tillämpliga. Vi skola sålunda för öfvergången mellan två led i strömkedjan, när dessa äro metalliska, finna, såsom förr:

$$(39) \quad J(V_B - V_A) = Q,$$

Q = det af strömmen pr sekund upptagna värmets, om strömmen går från A till B . Vi hade emellertid (31):

$$(40) \quad Q = \frac{\alpha}{v} (h' - h'') \int_A^B v dP,$$

och då nu efter (27) h' och h'' måste antagas proportionella mot J , så återstår om Q , att ej blott det är, enligt (39), proportionellt mot J , utan ock, enligt (40), proportionellt mot T , ty vP bör sättas = $2T$ pr grammion. Därmed skulle vi erhålla:

$$(41) \quad V_B - V_A = nT$$

med n oberoende af J och T .

26. Tydligtvis skulle vi behöfva räkna med dylika elektriska differenser äfven inom A , när temperaturen icke är konstant därstädes. När nämligen två stycken A och A' af samma metalliska ledare ha olika temperatur, men tempera-

¹⁾ Dessa äro sådana punkter, som jag i B. 34 af Math. Ann. s. 420 o. följ. betecknat med bokstafven S , och som jag ansett hvar för sig utgöras af en fast kärna med ett atmosferiskt hölje (eller af flera kärnor med ett dem omgifvande gemensamt eterhölje). (Detta är anmärkt redan i början af art. 7 ofvan).

turdifferensen ej är större, än att vid öfvergången från A till A' storheterna h' , h'' ej märkbart ändras, så sluta vi af (12), (12'), (21), (22), att vid denna öfvergång:

$$h'' dU' + h' dU'' = (h' - h'') \int_A^{A'} v dP - e(h' + h'') \int_A^{A'} dV.$$

Här skall emellertid, då A och A' äro två stycken af samma kropp, $dU'' = -dU'$, och af denna grund:

$$(42) \quad e(h' + h'') \int_A^{A'} dV = (h' - h'') (dU' + \int_A^{A'} v dP)$$

Vi förutsätta $h' : h''$ oberoende af T , däremot $dU' = a dT$, med a som konstant, och skrifva

$$v = m/\sigma, \quad P = k\sigma T, \quad m = \text{atomens massa.}$$

Kroppens täthet är σ , och k är en absorptionskoefficient för värme. Då blir

$$v dP = k m dT + \frac{m T}{\sigma} d(k\sigma),$$

och när i formeln

$$\frac{d(k\sigma)}{\sigma} = b dT$$

vi få räkna b för konstant, så följer af (42):

$$(43) \quad \int_A^{A'} dV = (a' + b' T) dT,$$

a' , b' konstanta, eller rättare, blott föga varierande med T . Dessa konstanter värden skulle i hvarje fall bero endast af den ledare, för hvars inre elektriska differensen (42) skulle beräknas, då däremot n i ekv. (41) beror af både A och B . Hastigheten h' hör där till en atom S i den ena, och h'' till en atom S i den andra kroppen, den förra betraktad då den är positivt, den senare då den är negativt elektrisk (eller omvänt).

För en tråd- eller stafformig ledare, som med sina ändpunkter är i beröring med andra dylika ledare, härleda vi af (43) för summan af dess *inre* elektriska differenser (E) en formel:

$$(44) \quad \Sigma E = (T_1 - T_0) (a' + b' \frac{T_0 + T_1}{2}),$$

T_0 , T_1 utgörande de absoluta temperaturerna för ledarens ändpunkter. Märkas bör dock, att, då, enligt CLAUZIUS, tillnärmelsevis, den termoelektriska strömmen med sitt upptagna och afgifna värme, eller, eterns arbete inom strömkedjan tillika med arbetet från etern utanför, är att fatta som en reversibel kretsprocess¹⁾, värdena på a' och b' böra blifva mycket små i förhållande till värdet på n i (41). —

¹⁾ Se t. ex. min »Inledning till teorien för de elektriska strömmarne», s. 80. Lund 1898.

AVENARIUS' bekanta formel för den termoelektriska differensen är en sammanfattning af (41) och (44)¹⁾.

§ 6.

Hvad som i ofvanstående utvecklingar karakteriserar särskildt den positiva och särskildt den negativa elektriciteten.

27. I en elektrisk ledare, som är laddad med elektricitet och står isolerad, föregår vid ytan, i ett ytlager, en vandring fram och tillbaka af enbart förtunnade eller af enbart förtätade etervågor. Härvid komma ytpartiklarne i en oscillerande rörelse, både hvad volum och tyngdpunkt beträffar. Om de nämnda etervågorna äro förtätade, alltså eterförtätningen är positiv, så skola volumändringarna bestå i plötsliga, isolerade, sammandragningar, och tyngdpunktsrörelserna i likaledes plötsliga, isolerade, rörelser, men vexelvis inåt och utåt, rörelserna i volum efterföljda af långsamma rörelser i motsatt riktning.

Men om ledaren genomströmmas af elektricitet i oafbrutet en bestämd riktning, inträda nya förhållanden. Om t. ex. ledaren är trådformig och är metallisk, och en elektrisk ström passerar därigenom, så råka visserligen dess molekyler (som äro som punkterna S i art. 25) i oscillationer fram och tillbaka, men därjämte i alldeles bestämda translationer, såsom jag strax skall förklara. Genom ledaren skall nämligen nu, antaga vi, en skara af enbart förtätade vågor framgå i en riktning, och en skara af i samma grad förtunnade vågor gå i den motsatta riktningen. Af dessa vågor göres hvarje punkt S i ledaren skiftesvis negativt och positivt elektrisk. Af de förtätade vågorna får S hastiga sammandragningar och af de förtunnade vågorna hastiga utvidgningar, de förra såväl som de senare volumändringarna omedelbart efterföljda af långsamma, mera likformigt försiggående, återställanden af den första volumstorleken²⁾.

När volumena af S betecknas med V , och hastigheten af volumändringen $dV:dt$ med $-4\pi m$, så skola vi säga, att m ändrar sig vid de hastiga sammandragningarna från $+m_1$ (positivt) till $-m_1$, och så att, då ϵ är tiden för sammandragningen, och $\theta - \epsilon$ tiden för den mycket långsammare tillbakagången af volumstorleken, hvilken antages försiggå med konstant hastighet:

$$(45) \quad \int_{(\epsilon)} m dt = m_1 (\theta - \epsilon).$$

Och därefter vid tiden θ , då en hastig volumutvidgning skall börja och fortgå under ett, jag antar lika kort, tidsförlopp som föregående ϵ , skall m ändra sig från $-m_1$ tillbaka till $+m_1$ så att

$$(46) \quad \int_0^{\theta + \epsilon} m dt = -m_1 (\theta - \epsilon).$$

¹⁾ Dock torde räsonnementet i art. 10 lämpa sig bättre till förklaring af den elektriska strömmen vid den större temperaturdifferensen $T_1 - T_0$. Nämligen k i ekvv. (7) lika med $a + bT + \dots$

²⁾ Att så skall ske, beror på S 's sammansättning. Se Math. Ann. B. 34, s. 420 (§ 4).

Nu gäller åter om den verkan, som två sådana punkter som S utöfva på hvarandra genom det tryck, som de alstra i det omgifvande mediet, följande. Om punkterna betecknas med S_1 och S_2 , samt S_1 har h till hastighet för sin tyngdpunkt och $\mp 4\pi m_1$ till hastighet för det långsamma återställandet af sin volum efter en föregående hastig utvidgning resp. sammandragning, och h' och m_2 ha en motsvarande betydelse för S_2 , så uttryckas komponenterna längs x , y , z -axlarne af den rörelsemängd, som S_1 bibringar S_2 under ett tidsintervall lika med θ , genom de första derivatorna i afseende på koordinaterna för S_2 's tyngdpunkt af följande funktion Ω :

$$(47) \quad \Omega = 4\pi\rho_0 \int_0^\theta \frac{m_1 m_2 dt}{R(1 + \frac{h'}{a} \cos h'R)} + \frac{3}{2} \rho_0 / V_2 \int_0^\theta \frac{m_1}{R(1 + \frac{h}{a} \cos hR)}$$

(R är riktadt från S_2 till S_1 ; V_2 är S_2 's volum; a = etervågornas fortplantningshastighet inom ledaren). Se min afhandling »Zur Wellentheorie» etc. Math. Ann. B. 34 s. 407. Angående Ω 's beräkning se särskildt ss. 408—411 sammastädes. Huru af Ω AMPÈRES krafter framkomma, visas ss. 435—438 därstädes. Äfven de hastiga tillbakaflyttningar af S , som varit förut på tal, (se noten till art. 23), och som S lider, då den öfverfäres af en våg, från de andra punkter af samma slag, som förut passerats af samma våg, framgå af ofvanstående Ω .

Men den andra termen i Ω , termen

$$(48) \quad \frac{3}{2} \rho_0 / V_2 \int_0^\theta \frac{m_1}{R(1 + \frac{h}{a} \cos hR)}$$

lämnar oss kännedom om ännu en anmärkningsvärd rörelse af S_2 . Detta i följe däraf, att m_1 och h ändra sina tecken periodiskt efter tider θ ¹⁾. Vi se sålunda af (48), att de förtätade etervågor, hvilka åstadkomma ändringarne (45) från $+m_1$ till $-m_1$, åstadkomma genom de S_1 , som dessa vågor förut passerat, förflyttningar af S_2 i vågornas framskridningsriktning. Det var från, kunna vi säga, närmaste punkter S_1 på ena sidan om S_2 , som denna förflyttning af S_2 skulle uppstå. Men på andra sidan om S_2 finnas andra punkter i samma svängningsförhållanden, och af dem förorsakas flyttningar i motsatt riktning af samma S_2 . Men härvid är väl att beakta, att den verkan, som en, hvilken som helst, af förevarande S_1 utöfvar på S_2 , kommer allenast af m_1 's (och h 's) hastiga ändring under tiden ε och får

¹⁾ Jag har här ej talat om h 's ändring, emedan den är af ingen betydelse för det följande. Emellertid skall:

$$\int_0^\varepsilon h \cos hR dt = \varkappa h \cos hR(\theta - \varepsilon), \quad \int_\theta^{\theta+\varepsilon} h \cos hR dt = -\varkappa h \cos hR(\theta - \varepsilon),$$

\varkappa pos. konst.; vidare skall $h \cos hR$ vara konstant och positivt under tiden från ε till θ , samt konstant och negativt under tiden från $\theta + \varepsilon$ till 2θ , därefter positivt från $2\theta + \varepsilon$ till 3θ , o. s. v. Och för h' skola samma lagar gälla.

därmed karakter af en stöt. (Af cit. afhandling i Math. Ann. B. 34 s. 404 ses nämligen tydligt, att ifrågakvarande rörelsemängd (48) är sammansatt af rörelsemängder

$$\frac{\partial}{\partial x_2} \left\{ \frac{3}{2} \rho_0 \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{V_2 m_1}{R(1 + \frac{h}{a} \cos hR)} \right) dt \right\}, \text{ etc.,}$$

frambragta under ett tidsintervall θ). Och emedan de först betraktade punkterna S_1 på ena sidan om S_2 , hvilka öfverfarits omedelbart förut af samma förtätade våg, som passerar öfver S_2 , med denna samma våg framskicka sina krafter, så komma dessa krafter samtidigt till S_2 såsom en samfäld stöt. Helt annorlunda förhålla sig krafterna från de nämnda andra S_1 på andra sidan om S_2 . Hvarje S_1 sänder sin kraft med den våg, som denna S_1 genom sin volumvariation (45) frambringar rundt omkring sig i etern, och detta gör, att de stötar, hvarmed de nämnda S_1 på andra sidan om S_2 påverka denna senare punkt, framkomma ej samtidigt, utan först efter hvarandra. Af denna orsak kunna icke de senare S_1 upphäfva de allra först nämnda S_1 :s verkan på S_2 . Och därför erhåller S_2 en förskjutning i de förtätade vågornas framskridningsriktning, men denna fortgår likformigt, utan acceleration, ty sammanlagda beloppet af de rörelsemängder, som S_2 erhåller af samtliga S_1 på ömse sidor om S_2 , blir noll. Emellertid genomfares den antagna trådformiga ledaren af förtunnade vågor i motsatt riktning mot de förtätade, hvilka förtunnade vågor åstadkomma ändringarna (46) från $-m_1$ till $+m_1$ för de punkter S , som de öfverfara. Termen (48) i Ω lämnar som en följd häraf en tillbakaflyttning af S_2 mot samma vågors fortplantningsriktning. Här af kommer således på nytt en translation af S_2 i de förtätade vågornas framskridningsriktning.

Punkterna S i den antagna ledaren skola således erhålla af den elektriska strömmen en likformig translation i de förtätade vågornas framskridningsriktning.

Betänka vi nu, att i den elektriska ljusbågen mellan två kolspetsar den positiva polen förtäres, därigenom att partiklar därifrån öfverföras till den negativa polen, och att vi ha att betrakta denna båge som en strömledare, hvars punkter S just utgöras af nämnda partiklar, så måste vi anse, att *de enbart förtätade vågorna framgå i den positiva strömmens riktning.*

28. Om blott det ena slaget af vågor skulle ha existerat, låt vara de enbart förtätade, så skulle vi haft att räkna med endast hastiga sammandragningar för S , åtföljda af långsamma återställanden af volumstorleken, hvarför formel (45) skulle gälla, dock m_1 och h varierande vid de hastiga ändringarna från och till ett och samma $-m_1$ resp. h . *Punkterna S komma då att röra sig mot de förtätade vågorna, enligt ofvanstående uttryck (47) för Ω .*

För en elektrisk ström, som passerar genom en elektrolyt, ha vi att räkna med positivt och med negativt elektriska ioner. De förra gå i den (positiva) elektriska strömmens riktning, alltså, som vi kunna förstå af den kursiverade sista

satsen i förra artikeln, de gå motsatt mot de förtunnade vågorna. (Så sades äfven i art. 23). Men af hvad som utvecklats i det föregående stycket af denna artikel skola vi då draga den slutsatsen, att de positivt elektriska ionerna äro utsatta för hastiga volumutvidgningar med efterföljande likformiga långsamma återgångar till den första volumstorleken. *Det skall således vara af hastiga volumutvidgningar, som en punkt får positivt elektriska, och af hastiga volumsammandragningar, som den får negativt elektriska egenskaper.* En positivt elektrisk punkt får således den konstanta delen (m_1) af sitt m positiv, en negativt elektrisk punkt den konstanta delen af sitt m negativ.

29. För öfrigt är klart, att, då genom elektrolyten passera förtätade och förtunnade vågor i motsatta riktningar, men ionerna af ett och samma slag ej ändra sin elektriska karakter, vågorna af det ena slaget, t. ex. de förtätade vågorna, passera mera obehindradt genom ionerna af det ena slaget, nu de positiva ionerna, utan att af dem absorberas. De enbart förtunnade vågorna skulle obehindradt passera genom de negativa ionerna. Också skulle af denna anledning företrädesvis förtunnade vågor kvarhållas inom den positiva och företrädesvis förtätade vågor kvarhållas inom den negativa polen.

Men orsaken till att en punkt S , som är i lika grad utsatt för förtätade och förtunnade vågor, absorberar mest af det ena slaget af vågor, ha vi att söka i den särskilda beskaffenheten af punkten S 's atmosfäriska hölje, som gör, att S lättare emotstår det ena än det andra af de två slagen af krafter, tryck- och dragkrafter.

Rättelser.

Sid.	7	rad	8	ofvanifrån	står	värmeladaren	skall	vara	värmekällan
›	22	›	15	›	›	Anionen	›	›	Positiva ionen

Résumé du mémoire précédent sur l'affinité des pressions osmotique et électrique.

Le mémoire présent forme la suite du mémoire sur la pression osmotique qu'on trouve inséré dans le tome précédent de ce journal. J'y ai parlé de la nature de la pression en général et j'en ai déduit une explication de la possibilité de la pénétration de deux corps l'un par l'autre. La pression osmotique est l'effet le plus direct de la chaleur. L'électricité d'un corps est un autre, secondaire effet de la chaleur. J'en parlerai ici.

I.

1. Soit donnée une série continue d'ondes d'éther simplement harmoniques dont la condensation (σ) oscille conformément à la loi:

$$(1) \quad \sigma = a \sin n(t - \lambda),$$

où a , n , λ désignent des constantes. En traversant un corps, ces ondes y font naître de la chaleur. C'est surtout le cas dans un corps dont les molécules peuvent répéter les mêmes oscillations. Mais comme de deux séries d'ondes d'éther à des périodes différentes se composent des ondes d'éther d'un tout nouveau genre:

$$(2) \quad \sigma = a \sin n(t - \lambda) + b \sin n'(t - \lambda'),$$

il faut que de telles ondes composées aient un autre effet. Les déviations qu'elles présentent de la forme sinusoïde, sont tout à fait comparables à ces irrégularités des ondes sonores qui font l'impression de dissonances. Cependant quand n et n' sont commensurables, il y a dans ces nouvelles ondes, pendant un intervalle de temps suffisamment grand, *autant de véritables condensations que de véritables raréfactions, isolées et apparemment irrégulières*. Les condensations, si elles se trouvent seules, produiraient de l'électricité d'une espèce déterminée. En voici la raison: les molécules consistent de noyaux solides et d'atmosphères éthérées qui les entourent, et pour cela, frappée de condensations d'éther sous la forme des ondes, égales entre elles et à des distances relativement grandes l'une de l'autre, la molécule subira des contractions rapides, mais séparées par des restitutions uniformes du volume. Les changements de volume de cette sorte engendrent cependant des

forces électriques, comme je l'ai montré auparavant; dans l'article 28 du mémoire présent, j'explique notamment, pourquoi dans le cas présent la molécule doit être regardée comme chargée de l'électricité négative. Frappée de raréfactions d'éther, distribuées d'ailleurs de la même manière que les condensations nommées, la molécule prendra l'électricité positive.

2. Exposées aux ondes composées (2), *les molécules prendront conséquemment des charges électriques tantôt positives et tantôt négatives*, pendant qu'elles accomplissent des vibrations et des pulsations simplement harmoniques à des périodes déterminées. Ces pulsations doivent évidemment leur origine à une absorption continue de certaines parties harmoniques des ondes (2), dans les intérieurs des molécules, tandis que les autres changements des volumes des molécules, les changements plus brusques qui les électrisent, viennent de l'absorption des parties dites ci-dessus irrégulières et isolées des mêmes ondes (2).

En remarquant que les ondes (1) peuvent être considérées comme résultant des ondes (2) et de certaines ondes à la période $2\pi : n'$, à savoir les ondes:

$$(3) \quad \sigma = -b \sin n'(t - \lambda'),$$

nous tirons de ce que j'ai dit la conclusion qu'un corps quelconque dont les molécules peuvent accomplir des pulsations à la période $2\pi : n'$ sans l'influence de forces continues extérieures, et qui est exposé aux ondes calorifiques (1) à la période $2\pi : n$, absorbera de ces ondes *aussi bien* des parties de la forme (3), d'où s'ensuit que les molécules du corps prendront leurs pulsations caractéristiques à la période $2\pi : n'$, *que* des parties de la forme (2), d'où s'ensuit que le corps s'électrisera, quoiqu'il prenne autant d'électricité des deux sortes, s'il reste seul.

3. Les atomes ne sont tous au même degré susceptibles ni de dilatation ni de contraction; un même atome quelconque se comporte aussi différemment en face des deux changements. Mais supposons donc que le corps précédent a ses molécules composées chacune de deux différents atomes, il arrivera nécessairement que le corps sera polarisé d'une telle manière que ses molécules dirigeront leurs atomes de la même espèce dans le même sens, et que les atomes de la même espèce prendront de l'électricité de la même sorte. *Ainsi les deux atomes de la même molécule resteront chargés d'électricités contraires.*

4. Ajoutons encore que toutefois les molécules du corps se rangent à des ensembles suivant les frontières des ondes calorifiques, où elles entrent périodiquement en contacts mutuels: nous trouvons que les parties condensées et les parties rarifiées des ondes calorifiques seront en quelque degré séparées dans leur marche par le corps, de façon qu'enfin ce corps sera parcouru par des ondes condensées dans l'une direction et par des ondes rarifiées dans la direction opposée. Ces ondes, et de ces ondes surtout celles qui avancent dans l'une des dites directions, seront évidemment accompagnées d'ondes calorifiques telles que les ondes (3).

Mais après les développements du n:o 1 ci-dessus, les deux files d'ondes séparées produisent des électricités de deux sortes et *constituent ainsi des courants*

électriques. D'où j'ai conclu que chaque bon conducteur de la chaleur qui d'une part communique avec une source de chaleur et d'une autre part avec un corps moins chaud, sera traversé de courants électriques normaux aux isothermes.

Dans les articles 10, 11 je me suis occupé de questions qui s'y attachent.

II.

Considérons deux corps métalliques de matières différentes dont les molécules ne sont pas composées, et mettons-les en contact l'un avec l'autre. Les ondes calorifiques qui en sortent, ont des périodes différentes, savoir les mêmes périodes que les pulsations libres qui sont caractéristiques pour les molécules des corps. Pour cette raison ces corps fonctionnent comme des sources de chaleur l'un pour l'autre, et d'après les nos 2 et 3 ils s'électrifieront donc. Mais pour cela, de même que les atomes d'une molécule composée (v. no 3) ont été chargés d'électricités contraires par la chaleur introduite, les deux corps considérés ici qui se touchent, prendront des électricités contraires et de quantités égales. Cette électrisation peut être accompagnée d'un échange d'atomes entre les corps. En désignant par A et B ces deux corps, par e la charge électrique d'un atome séparé de A , par h' la vitesse de cet atome, par h'' la vitesse d'un atome de B qui est en mouvement opposé à celui de l'atome de A , par v le volume d'un de ces atomes, par P la pression osmotique ou thermique que souffre cet atome, enfin par $A|B$ la tension électrique entre A et B , on trouve quand B est positif:

$$(4) \quad A|B = -\frac{1}{e} \frac{h' - h''}{h' + h''} \int_A^B v dP.$$

Par conséquent, la tension dépendra de la valeur de l'intégrale et du rapport de h' à h'' , mais non des formes ou des dimensions des corps. Voir l'article 24. La valeur de e est toujours la même.

Cette formule subsiste encore quand A et B sont des dissolutions d'un même sel à différents degrés de concentration, comme l'a prouvé M. NERNST. Dans de telles dissolutions, la pression varie proportionnellement au degré de concentration, et les atomes de leurs molécules se séparent en présence d'un courant électrique. Dans les articles 16—23 j'ai traité le cas d'un système voltaïque, composé: 1:o de deux dissolutions de sulfate de cuivre à différents degrés de concentration, 2:o de deux lames de cuivre y plongées, et 3:o d'un fil de cuivre réunissant ces lames au dehors des dissolutions. En étudiant les mouvements des atomes séparés des dissolutions, j'ai retrouvé la formule (4) de M. NERNST.

III.

Je ferai maintenant une mention plus détaillée de la recherche que je viens de citer. Par a et b je désigne deux atomes, deux ions, d'une des dissolutions, A ou B ; a sera électropositif, b sera électronégatif; v sera, comme tout à l'heure,

le volume d'un atome, P sera la pression qu'il souffre, h' sera la vitesse de a , h'' sera celle de b , e sera leur charge électrique. De plus, je désigne par U' , U'' les énergies intérieures de a et de b , par V le potentiel électrique dans le circuit, par M' et M'' les travaux des forces de résistance aux mouvements de a et de b , lesquelles proviennent des pulsations et des oscillations simultanées de tous les ions d'une même dissolution. Les pulsations de a et de b suivront respectivement les lois:

$$\frac{dv}{dt} = -4\pi\omega \sin nt, \quad \frac{dv}{dt} = +4\pi\omega \sin nt,$$

et les oscillations des vitesses des ions les lois:

$$\Delta h' = -4\pi\kappa h' \sin nt, \quad \Delta h'' = +4\pi\kappa h'' \sin nt;$$

n et κ auront des valeurs différentes dans A et dans B .

Pour M' et M'' on obtient ensuite des expressions simples en employant la formule page 4 de mon mémoire sur la pression osmotique, y signée avec le chiffre (4), ou bien la formule (25') dans mon mémoire *Zur Wellentheorie gasartiger Mittel*, inséré au T. 34 de *Mathematische Annalen*. (Voyez-y page 407). Tant que a et b se mouvront dans une même dissolution, A par exemple, on aura pour l'atome a :

$$M' = -3\pi\rho_0\kappa\omega(h' + h'') \Sigma \frac{v \cos Rh'}{R^2},$$

(ρ_0 = densité de l'éther), en étendant la somme Σ à tous les ions dans A de la même espèce que a , et en comptant a pour centre des rayons vecteurs R . La seule permutation entre h' et h'' suffira pour obtenir M'' . Mais on n'oubliera pas que la direction de h'' est opposée à celle de h' .

En prenant les différentielles dans la direction de h' , j'écris cependant un peu plus correctement, je crois:

$$(5) \quad dM' = -\lambda(h' + h'')ds, \quad dM'' = +\lambda(h' + h'')ds;$$

λ sera constant, égal à $12\pi^2\rho_0\kappa\omega$ et positif.

Mais quand a franchit la limite entre A et B , on aura:

$$\int_A^B dM' = 3\pi\rho_0 h' \int_A^B d \Sigma \frac{\kappa' v \omega \cos Rh'}{R^2}, \quad \kappa' = \kappa_\beta - \kappa_\alpha,$$

où les intégrations seront faites le long d'un chemin infiniment petit à travers la limite, et où la sommation exprimée par Σ , sera étendue aux a -ions les plus prochains qui suivent a .

Pour le passage de la limite entre A et B il faudra donc que:

$$(6) \quad \int_A^B dM' = \mu h', \quad \int_B^A dM'' = -\mu h''.$$

Cela posé, on saura appliquer les deux équations:

$$(7) \quad dU' = -vdP - edV + dM',$$

$$(8) \quad dU'' = vdP - edV - dM'',$$

dont la première concerne le mouvement de a dans l'intervalle de temps de t à $t + dt$, et la seconde concerne l'atome b qui au temps t occupe la même position que a occupera au temps $t + dt$. Dans toutes les deux équations dV désigne la même différentielle, savoir celle du potentiel V , prise dans la direction de h' suivant le chemin ds , décrit par a dans le temps dt . L'atome b parcourt le même chemin dans le sens contraire et dans un intervalle de temps $dt' \geq dt$, et c'est à ce mouvement dans cet intervalle de temps que la seconde équation se rapporte.

Supposons d'abord que la température est la même pour A et B . Puisque donc U' et U'' ne changent pas et que v et P varient seulement quand les atomes franchissent la limite entre A et B , on trouve par les dernières équations et des équations (5), qu'on aura dans A :

$$-e \frac{dV}{ds} = \lambda(h' + h''), \quad \lambda \text{ étant constant,}$$

et dans B :

$$-e \frac{dV}{ds} = \lambda'(h' + h''), \quad \lambda' \text{ étant aussi constant,}$$

ou en introduisant l'intensité (i) du courant au moyen de la formule:

$$(9) \quad i = \frac{e}{v}(h' + h''),$$

on en conclut la loi de OHM:

$$i = -k \frac{dV}{ds},$$

où k figure comme un coefficient de conductibilité électrique de A ou de B .

Au contraire, quand il s'agit des passages de a et de b à travers la limite entre A et B , nous trouvons par les mêmes équations (7) et (8), eu égard aux équations (6):

$$\begin{aligned} -\int_A^B v dP - \int_A^B e dV + \mu h' &= 0, \\ \int_A^B v dP - \int_A^B e dV - \mu h'' &= 0, \end{aligned}$$

et par conséquent:

$$(10) \quad A|B = -\frac{1}{e} \frac{h' - h''}{h' + h''} \int_A^B v dP,$$

c'est l'équation (4) ci-dessus, et nous trouvons de plus cette autre expression de la même tension:

$$(11) \quad A|B = -\frac{1}{2e} \mu(h' - h'').$$

Dans l'équation précédente (10), nous substituons $vP = 2T$, en laissant v signifier le volume du grammion et T la température absolue de A et de B . De plus, nous savons que pour A et B , le rapport des pressions (P) est égal à celui

des concentrations, que j'appellerai respectivement N et N' , et nous trouvons donc pour $A|B$ sa valeur exprimée en Volt ainsi:

$$A|B = \frac{1}{23070} \frac{h' - h''}{h' - h''} 2T \log_{\text{nat.}} \left(\frac{N}{N'} \right),$$

ce qui est précisément *la formule bien connue de M. NERNST.*

Supposons, en second lieu, que la température n'a pas la même valeur dans A et dans B .

Je commence par une conséquence de l'équation (11) concernant le passage du courant de A à B , savoir celle-ci:

$$(12) \quad Q = -i A|B$$

où je désigne par Q la quantité de chaleur qui sera à cette occasion absorbée par le courant à l'unité de sa section transversale pendant l'unité de temps. En effet, la chaleur dont il s'agit, a son équivalent dans le travail des pressions P et des résistances (6) et monte ainsi à

$$-\frac{1}{v} (h' - h'') \int_A^B v dP + \frac{\mu}{v} (h'^2 - h''^2)$$

ou en d'autres termes suivant (10) et (11):

$$\frac{1}{2} \frac{\mu}{v} (h'^2 - h''^2) \quad \text{ou} \quad \frac{1}{2} \frac{\mu}{e} i(h' - h'') \quad \text{ou} \quad \frac{1}{v} (h' - h'') \int_A^B v dP.$$

Or, Q étant mis dans la dernière forme, nous reconnaissons sans peine de la loi pour la variation de P énoncée par M van't Hoff, que Q variera proportionnellement au produit $(h' - h'')T$. Mais pour de très bonnes raisons, nous regardons le rapport de h' à h'' comme indépendant et de T et de i , et nous considérons e comme invariable (v. l'art. 13). Nous pouvons donc conclure de (9) que h' de même que $h' - h''$ varieront proportionnellement à i . Il en résulte donc:

$$Q = niT,$$

où n sera constant. Et par conséquent, d'après l'équation (12):

$$(13) \quad A|B = -nT,$$

n dépendant de la nature seule des corps A et B , et T exprimant la température absolue au lieu de contact ou à la limite entre A et B .

Soient A et B deux barres métalliques courbées et à deux points tellement jointes l'une à l'autre qu'elles forment un seul circuit. D'après ce que nous avons dit de l'équation (4) ci-dessus, la formule (13) y sera applicable. De plus, nous trouvons que dans l'intérieur de A et de B , la différentielle du potentiel V prend la forme:

$$-i \frac{ds}{k} + (a + bT)dT,$$

où T désigne la température absolue au point auquel V se rapporte.

Ces considérations conduisent à *une formule connue et très importante pour les courants thermo-électriques, qu'on doit à AVENARIUS.*

IV.

Dans les articles 27—29 du mémoire qui précède, je me suis occupé plus exclusivement du courant électrique, constitué de deux séries d'ondes d'éther qui se propagent en directions contraires et dont l'une série est composée d'ondes purement condensées et l'autre série d'ondes purement raréfiées. Je prouve que *la première série d'ondes se propage dans la direction du courant, et que dans un corps conducteur non électrolyte les particules tendent à se déplacer dans cette même direction.* Mais cela tient à ce que ces particules sont affectées par les ondes de toutes les deux séries et que pour cela elles deviennent tantôt électropositives et tantôt électronégatives. Car si la série d'ondes raréfiées manque, les particules iront contre les ondes condensées, c'est à dire contre le courant, et cela arrivera aussi, quand les particules sont telles que les ondes raréfiées n'y exercent aucune influence.

Donc, en remarquant que dans l'électrolyte les ions électronégatifs marchent contre le courant ou ce qui revient au même, contre les ondes condensées, et que ces ions ne changent pas d'électricité, nous entendons bien que les ondes raréfiées les laissent intacts, et par suite, que les ondes condensées seules y font des impressions.

Nous concluons par là qu'en général *dans l'état électronégatif la particule est en rapides contractions*, séparées par des restitutions relativement lentes du volume; ces variations du volume seront subitement répétées durant un temps fini.

L'électricité positive d'une particule dépendra donc de dilatations rapides de son volume; ces dilatations seront très souvent répétées, et elles seront séparées deux à deux consécutives, par de lentes contractions presque uniformes.

C'est du reste de la circonstance que dans l'arc voltaïque entre deux électrodes dans des cônes de charbon, des particules de charbon passent de l'électrode positif à l'électrode négatif, que j'ai jugé que les ondes condensées éthérielles du courant passent dans la direction de celui-ci.



Innehåll.

§ 1. Enkelt-harmoniska vågors splittring genom i deras väg periodiskt uppträdande hinder	Sid. 3
§ 2. Genom värme åvägabragt elektrisk polarisation	» 6
§ 3. Termoelektriska strömmar	» 7
§ 4. Beröringselektricitet	» 11
§ 5. Ionisering vid beröringen	» 23
§ 6. Hvad som i ofvanstående utvecklingar karakteriserar särskildt den positiva och särskildt den negativa elektriciteten	» 27

Résumé du mémoire précédent sur l'affinité des pressions osmotique et électrique . . .	» 31
--	------

Rättelser

till »Osm. trycket» i föregående band af dessa Handlingar.

Sid. 13 i formlerna i noten	i st. f.	$4\pi^2$, $8\pi^2$	skall stå	$8\pi^2$, $16\pi^2$	resp.
» 14 i formel (26)	» » »	$4\pi^2$	» »	$8\pi^2$	
» 18 rad 2 nedifr.	» » »	Termiska	» »	Potentiella	

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 1. Nr 2.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 16. Nr 2.

ZUR BIOLOGIE DER MUSCHELN.

I.

DIE WASSERSTRÖMUNGEN.

VON

HANS WALLENGREN.



LUND 1905
HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKERI.

Die wirbelnden Strömungen, die besonders am Hinterende der ruhig liegenden Muscheln zu beobachten sind, hatten schon die Aufmerksamkeit der älteren Forscher erweckt. Nach einigen Streitigkeiten (SHARPEY und ERMANN u. a.) wurde auch bereits vor der Mitte des vergangenen Jahrhunderts die Ursache dieser Strömungen in den flimmernden Bewegungen der die Wände der Mantelhöhle und die Oberfläche der Kiemen bekleidenden Cilien erkannt. Durch die Untersuchungen von SHARPEY ¹⁾, CLARK ²⁾, ALDER und HANCOCK ³⁾ und WILLIAMS ⁴⁾ wurden auch die Bahnen des innerhalb der Mantelhöhle strömenden Wassers ihren Hauptzügen nach festgestellt und gezeigt, dass das Wasser durch die Einströmungsöffnung (den Branchialsiphon) in die infrabranchiale Kammer hineinkommt und infolge der Wirksamkeit der die Kiemen bekleidenden Cilien durch die interfilamentären Öffnungen in die suprabranchiale Kammer hineingetrieben wird, um durch die Auswurfsöffnung (den Analsiphon) hinauszuströmen. Ferner wurde auch die Bedeutung der Kiemen für die Nahrungszufuhr zum Mund klargelegt.

Die damalige Kenntnis dieser für das Leben der Muscheln überaus wichtigen Erscheinungen ist von MILNE-EDWARDS in »Leçons sur Physiologie et l'Anatomie comparée etc., Bd II, (1857), p. 38—44 und Bd V, (1859), p. 361—362 übersichtlich zusammengefasst und auch in BRONN'S Klass. und Ordnung. der Weichthieren, Bd III, 1862, werden die älteren Untersuchungen über diese Fragen erwähnt. In mehreren Hinsichten aber weicht die BRONN'sche Auffassung von den der früheren Verff. ab. Da ich im folgenden bei der Erwähnung meiner eigenen Untersuchungen oft Gelegenheit finden werde, die Ansichten der verschiedenen Verff. näher zu besprechen, so scheint es mir überflüssig sie hier eingehender zu erwähnen.

¹⁾ TODD'S and BOWMANN'S Cyclopædia of Anatomy and Physiology. Vol. I, 1835—1836, p. 621—623.

²⁾ On the Animal of *Kellia rubra*: The Ann. and Mag. of Nat. Hist., 2 Ser., Vol. 3, 1849, p. 452—456. — On the Pholadidæ: Ibdm, Vol. 6, 1850, p. 522. — On the Branchial-currents in Bivalves: Ibdm, Vol. 12, 1853, p. 303.

³⁾ On the Branchial Currents in *Pholas* and *Mya*: Ann. and Mag. of Nat. Hist., Vol. 8, 1851, — ALDER, Reply to some statements of Dr Williams on the controversy respecting the Branchial Currents in the Lamellibranchiata: Ann. and Mag. of Nat. Hist. (2), Vol. 14, 1854, p. 177.

⁴⁾ On the mechanism of Aquatic Respiration: Ann. and Mag. of Nat. Hist., Vol. 14, 1854, p. 45.

Nachdem also die Wasserströmungen und einige damit zusammenhörenden Erscheinungen besonders durch die erwähnten Arbeiten schon an der Mitte des vorigen Jahrhunderts wenigstens hinsichtlich ihrer Hauptzüge klargelegt worden waren, beschäftigten sich die auf dem Gebiet der Muscheln arbeitenden Forscher hauptsächlich mit anderen für die Kenntnis dieser Thiere wichtigen Fragen. Auch in einigen dieser Abhandlungen, welche den anatomischen und histologischen Bau der Lamellibranchiaten vorzugsweise behandeln, finden wir vereinzelte Angaben über die Wasserströmungen und damit zusammenhängende Fragen. So theilt in seiner verdienstvollen Abhandlung über die Anatomie des *Mytilus edulis* A. SABATIER ¹⁾ (1877) einige Angaben über die Cilienbewegung und den Bau der Kiemen mit, die hinsichtlich der vorliegenden Fragen von Interesse sind. Auch in den Arbeiten von H. GRIESBACH ²⁾ (1883), J. THIELE ³⁾ (1886), A. OLT ⁴⁾ (1893), G. A. DREW ⁵⁾ (1899, 1900) u. anderen sind vereinzelte Beobachtungen über die Wasserströmungen und die Nahrungsaufnahme zu finden. In der letzten Zeit aber haben wieder einige Forscher ihre Aufmerksamkeit diesen Erscheinungen besonders gewidmet und wichtige Beiträge zur Biologie dieser Thiere geliefert. So beschreibt D. M'ALPINE ⁶⁾ die Wimperbewegung an den verschiedenen Theilen des Körpers bei *Mytilus edulis* und die in der Mantelhöhle von den Wimpern erregten Strömungen. H. COUPIN ⁷⁾ hat das Fortführen der mit den Wasserströmungen in die Mantelkammer hineingekommenen Fremdkörper bei *Cardium* und *Pholas* eingehend untersucht und neu-lich hat M. STENTA ⁸⁾ eine sehr wichtige Arbeit über die Strömungen im Mantelraume bei verschiedenen Lamellibranchiaten veröffentlicht. Durch die jetzt erwähnten Arbeiten und besonders durch die Untersuchung STENTA's ist unsere Kenntnis von der Biologie dieser Thiere zwar in vielen Hinsichten bereichert worden, aber trotzdem ist es nicht leicht sich aus der Literatur ein klares Bild von den in der Mantelkammer fortgehenden Wasserströmungen und von den das Wasser treibenden Ursachen zu verschaffen. In vielen Beziehungen sind nämlich die Angaben der verschiedenen Verfasser nicht übereinstimmend, und was die Nahrungsaufnahme und die Bedeutung der Mundlappen betrifft, sind unsere Kenntnisse so mangelhaft

¹⁾ Anatomie de la Moule commune: Annal. des Scienc. natur., Sér. 6, Zoolog. et Paléontolog., T. 5, 1877, p. 1—132.

²⁾ Über das Gefäßsystem u. die Wasseraufnahme bei den Najaden u. Mytiliden: Zeitschr. f. wiss. Zoolog., Bd 38, 1883, p. 1—44.

³⁾ Die Mundlappen der Lamellibranchiaten: Zeitschr. f. wiss. Zoolog., Bd 44, 1886, p. 239—272.

⁴⁾ Lebensweise u. Entwicklung des Bitterlings: Zeitschr. f. wiss. Zoolog., Bd 55, 1893, p. 543—575.

⁵⁾ Some Observations on the Habits, Anatomy and Embryology of Members of the Protobranchia: Anatom. Anz., Bd XV, 1899, p. 493. — The Anatomy, Habits and Embryology of *Yoldia limulata* Say.: Memoirs from the Biolog. Laborat. of the John Hopkins Univ., IV, 1900.

⁶⁾ Observations on the Movements of the Entire Detached Animal, and of Detached Ciliated Parts of Bivalve Molluscs viz, Gills, Mantlelobes, Labialpalps and Foot: Proc. of the Royal Soc. of Edinburg, Bd 15, 1887—1888, p. 173—204.

⁷⁾ Sur l'élimination des matières étrangères chez les Acéphales et, en particulier, chez les *Pholades*: Compt. Rend. de séance de l'Acad. des Science, T. 117, Paris 1893, p. 373—376.

⁸⁾ Zur Kenntnis der Strömungen im Mantelraume der Lamellibranchiaten: Arbeit. aus dem Zoolog. Institut der Univ. Wien u. der Zoolog. Stat. in Triest, Bd 14, 1902, p. 211—240.

und die Ansichten der verschiedenen Verfasser einander so entgegengesetzt, dass man sich über diese Verhältnisse überhaupt keine befriedigende Vorstellung bilden kann.

Als ich während des Sommers 1903 mit der Reizbarkeit des Flimmerepithels bei den Najaden arbeitete und für diesen Zweck die Mundlappen untersuchte, machte ich einige Beobachtungen hinsichtlich ihrer Bewimperung und der normalen Schlagrichtung der Mundlappenwimpern, Beobachtungen, die mir für das Verstehen der Wirksamkeit dieser Organe nicht unwichtig erschienen. Infolgedessen beschloss ich eine eingehendere Untersuchung über die Frage von der Bedeutung der Mundlappen zu unternehmen. Mit dieser Frage aber stehen die Strömungen in der Mantelkammer im engsten Zusammenhang und daher wollte ich natürlich auch diese Erscheinungen berücksichtigen.

Da ferner die Wasserströmungen die am meisten hervortretenden Lebenserscheinungen und ausserdem für das Unterhalten des normalen Lebens dieser Thiere von aller grösster Bedeutung sind und somit die Grundlage unserer Kenntnis der ganzen Biologie der Muscheln bilden müssen, so schien mir eine eingehende Untersuchung über eben diese Erscheinungen wichtig. So ist also diese Untersuchung, welche sich ursprünglich nur mit der Bedeutung der Mundlappen bei den Najaden beschäftigte, im Laufe der Zeit mehr als eigentlich meine Absicht war ausgewachsen. Auch einige andere Lamellibranchiatformen sind wegen der Vergleichung mit den Najaden in den Bereich der Untersuchung eingezogen worden. Ausser den Najaden *Anodonta cygnea* und *anatina* und *Unio pictorum* habe ich also *Mytilus edulis*, *Mya arenaria* und theilweise auch *Ostrea edulis* untersucht.

Die Najaden habe ich theils aus einem kleinen Teich im hiesigen botanischen Garten, theils aus der kleinen Binnensee Ygden in Småland bekommen. Die *Mytilus* und *Mya* habe ich mir aus Kristineberg in Bohuslän und dem kleinen Fischerdorf Råå am Öresund senden lassen. Die Austern sind in einer Fischhandlung in Malmö gekauft und stammten aus dem Limfjord in Jutland.

Die Wasserströmungen.

Bevor wir auf die Strömungserscheinungen näher eingehen können, scheint es mir nöthig zuerst mit einigen Worten gewisser Bauverhältnisse bei den erwähnten Muscheln zu gedenken, welche für das Verstehen der vorliegenden Fragen wichtig sind.

Das gegenseitige Verhalten der Mantelränder ist bekanntlich bei den verschiedenen *Lamellibranchiaten* sehr verschieden und die hier erwähnten Muscheln können theilweise wenigstens als Repräsentanten dieser verschiedenen Verhältnisse betrachtet werden.

Die Ränder der beidseitigen Mantellappen sind bei den *Najaden*, wie allbekannt, längs der ganzen unteren Seite frei, nur an der dorsalen Seite mit einander verwachsen. Zwar sagt LANG¹⁾ und einige andere Verff.²⁾, dass die *Unionina* (*Unio* und *Anodonta*) eine von dem grossen Mantelschlitz durch eine Verwachsungsstelle getrennte Analöffnung (Analsipho) besitzen. Hinsichtlich der von mir untersuchten *Unio*- und *Anodonta*-arten ist dies aber eigentlich nicht ganz richtig. Die Mantelränder sind nämlich ganz frei, jedoch wird die Analsiphoöffnung vom grossen Mantelschlitz getrennt, in dem am hinteren Ende von der Stelle aus, wo die Kiemenblätter mit den Mantellappen verwachsen sind an den beidseitigen Mantellappen, eine ziemlich hohe Falte bis zum Mantelrand geht. Diese beiden gegenüber einander gelegenen Falten, die, wie ich sie bezeichnen will, Intersiphonalfalten, werden auch bei offenstehenden Schalenklappen gegen einander gedrückt und somit wird die Analsiphoöffnung, jedoch nicht durch eine Verwachsung der eigentlichen Mantelränder, vom grossen Mantelschlitz getrennt. An der Rückenseite, dorsal von der Analsiphoöffnung bis zum Schlossband, sind die Mantelränder verwachsen, aber doch nicht ganz. Es ist nämlich bei sämtlichen von mir untersuchten Najaden, wie schon bei BRÖNN³⁾ erwähnt und abgebildet ist, eine, bisweilen zwei kleine spaltförmige Öffnungen vorhanden. Diese stellen offenbar zurückgebliebene Theile eines dorsalen Mantelschlitzes dar und kommunizieren nach innen mit der s. g. Kloakenkammer.

Die zwei am Mantelrand befindlichen Falten⁴⁾, Mantelrandfalten, sitzen einander sehr nahe. Die Mantelrandrinne ist infolgedessen sehr eng und seicht. Die innere Mantelrandfalte, die am vorderen Theil der Muschel niedrig ist, nimmt nach hinten allmählich an Höhe zu und ist am Hinterende ziemlich hoch mit mehreren Reihen fingerähnlicher Papillen versehen. Oberhalb der Intersiphonalfalte, die eben an der Innenseite dieser Randfalte endet, verlängern sich die gegenseitigen inneren Randfalten bedeutend und bilden somit den Analsipho. Wenn dieser ausgestreckt ist, nimmt er immer eine solche Stellung ein, dass seine Öffnung schräg nach der Rückenseite gewendet ist.

Der Bau des *Mytilus edulis* ist durch viele Untersuchungen, vor allem durch die grosse Monographie über die *Mytiliden* von LIST⁵⁾, bekannt. Hier genügt es nur daran zu erinnern, dass die Mantelränder am Hinterende des Thieres mit einander verschmolzen sind und dass somit hier eine vom grossen übrigen Mantelschlitz gesonderte Öffnung, die Analsiphoöffnung, vorhanden ist. Die innere Mantelrandfalte nimmt auch nach hinten an Höhe zu und steht frei hinauf. Gegen den Hinterrand der Schale ist ihr Rand mit zuerst kleinen, dann allmählich grösseren

¹⁾ Lehrbuch der vergleichend. Anatomie der wirbellosen Thiere, II. Aufl., Mollusca, 1900, p. 63.

²⁾ RAWITZ: Der Mantelrand der Acephalen, II. Th.: Jenaisch. Zeitschr. f. Naturw., Bd. 24, 1900, p. 63. — PELSENER: Contribution à l'étude des Lamellibranches: Arch. de Biolog., T. 11, 1891, p. 230.

³⁾ l. c., p. 349.

⁴⁾ RAWITZ: l. c.

⁵⁾ Fauna u. Flora des Golfes von Neapel. Berlin 1902.

Ausbuchtungen versehen, die am hinteren Schalenrande in secundäre kleine Lappen ausgezogen sind, so dass die Schalenmündung hier mit einer reichgefalteten Krause ausgestattet ist. Dorsal von der Verwachsung der beidseitigen Mantelrandinnenfalten erheben sich diese zu einer kurzen rohrförmigen Verlängerung und bilden einen Analsipho, dessen Rand glatt ist. Im ausgestrecktem Zustand wird der Analsipho, wie bei den *Najaden*, schräg nach der dorsalen Seite gehalten. Von der intersiphonalen Verwachsungsstelle unter dem Analsipho streckt sich längs der inneren Seite der beidseitigen Mantelrandinnenfalten nach unten eine ziemlich breite kontraktile Membran. Von LIST¹⁾ ist diese Membran, die ich als Subanalsiphomembran bezeichnen will, eingehend beschrieben. Sie liegt ventralwärts von und quer über den hinteren Enden der Kiemenblätter und ist im ausgestrecktem Zustand in ihrem vorderen Rand etwas ausgebuchtet. Eine ähnliche Membran findet sich auch im inneren Theil des Analsiphos. Sie geht von der dorsalen Seite des Analsiphos aus und streckt sich bei offenstehendem Sipho nach unten bis über die Mitte. In ihrem freien Rand ist sie halbkreisförmig ausgeschnitten. Infolge des Vorhandenseins dieser Analsiphomembran wird also die Öffnung, durch welche das Wasser herausströmt, immer bedeutend kleiner als die Weite des Analsiphos selbst.

Was den Bau der *Mya arenaria* betrifft, so sind, wie bekannt, die Mantelränder zum grössten Theil verwachsen, nur drei verhältnismässig kleine Öffnungen sind vorhanden. Am Hinterende des langen Siphonalrohres sitzen dorsal die Analsipho- und ventral die Branchialöffnung. Am unteren vorderen Schalenrande ist der enge Fusschlitz oder die Pedalöffnung gelegen. Der Sipho ist bekanntlich durch eine längsgehende Scheidewand in zwei von einander völlig getrennte Röhrechen getheilt, von denen das obere in die Analsipho- und das untere in die Branchialsiphoöffnung mündet. Hinsichtlich dieser beiden Öffnungen muss ich bemerken, dass die Branchialöffnung bedeutend weiter ist als die Analsiphoöffnung und dass sie zur Längsachse des Siphos nicht dieselbe Orientirung einnimmt wie jene. Bei völlig ausgestrecktem Sipho beobachtet man nämlich, dass der Analtheil des einheitlichen Siphos sich ein Stückchen ausserhalb des Branchialtheils als ein dünnes, sich gegen sein Ende verjüngendes, kurzes Röhrechen streckt. Dies Endröhrechen ist etwas schräg nach der dorsalen Seite gerichtet, so dass auch bei dieser Muschel die Analsiphoöffnung dorsalwärts gekehrt ist, während sich die Branchialöffnung gerade nach hinten wendet.

Durch welche Öffnungen finden die Strömungen statt?

Jedem ist bekannt, dass bei der ruhig liegenden Muschel, welche die Schalenklappen geöffnet und die Siphonen, wenn solche vorhanden sind, ausgestreckt hat, eine Einströmung durch den hinteren ventralen Mantelschlitz oder die Branchialöffnung und eine Ausströmung durch den mehr dorsal gelegenen Mantelschlitz, die

¹⁾ l. c., p. 96 u. 97.

Auswurfs- oder Analsiphoöffnung, stattfindet. Wenn wir diese Erscheinungen näher ins Auge fassen wollen, so gilt offenbar die erste Frage, ob bei der ruhig liegenden Muschel das Ein- und Ausströmen nur durch diese Öffnungen stattfinden kann. Dass das Wasser nur durch die Analsiphoöffnung ausströmt, ist nach einigen Streitigkeiten (W. CLARK ¹⁾, ALDER und HANCOCK ¹⁾ und WILLIAMS ¹⁾) schon lange festgestellt und jedem bekannt, aber hinsichtlich des Einströmens des Wassers scheinen verschiedene Meinungen in der Literatur vorzuliegen. Die Frage gilt somit zunächst, ob das Wasser nur durch die hintere sogenannte Branchialöffnung oder auch durch andere zwischen den Mantelrändern vorhandenen Öffnungen einströmt?

Schon CLARK ¹⁾ erwähnt, dass das Wasser bei den mit offenem Mantel versehenen Muscheln durch den ganzen Mantelschlitz und somit auch durch die Pedalöffnung hineinkommt, während bei den Muscheln mit geschlossenem Mantel nur wenig Wasser durch die Pedalöffnung hineinströmen kann. Der grösste Theil geht durch die Branchialöffnung. Gegen diese Auffassung heben aber ALDER und HANCOCK ¹⁾ hervor, dass eine Einströmung nur durch die Branchialöffnung stattfindet (*Pholas* u. *Mya*) und dass das Wasser um die Pedalöffnung ruhig ist. WILLIAMS ¹⁾ erwähnt auch, dass bei Muscheln mit getrennten Mantellappen das Wasser ebenfalls durch die Pedalöffnung, bei den mit geschlossenem Mantel nur durch die Branchialöffnung einströmt. Hinsichtlich der *Najaden* hat GRIESBACH ¹⁾ beobachtet, dass Wasser auch an der Mitte der ventralen Seite und am Vorderende der Muschel einströmt. THIELE ¹⁾ sah auch eine Einströmung des Wassers vor und hinter dem Fuss. Aus seiner Darstellung scheint es mir aber, als wäre er von der Auffassung, dass Wasser nur durch diese Öffnungen eingezogen werde, wenn keine Einströmung durch die Branchialöffnung stattfindet. OLT ¹⁾ erwähnt, dass Wasser am Vorderende in der Gegend des Mundes energisch einströmt, und dass diese Strömung zuweilen geschwächt sogar sistirt werden kann. An der Fusskante konnte er aber keine ausgesprochene Strömung wahrnehmen.

Nach dieser kurzen Übersicht der in der Literatur vorliegenden Beobachtungen gehen wir zur näherer Untersuchungen dieser Erscheinungen über. Ein *Unio* oder eine *Anodonta* wird in eine mit frischem Wasser gefüllte Glasschale überführt und für eine Weile in Ruhe gelassen. Bald sind die Ein- und Ausströmungen am Hinterende der Muschel in vollem Gange. Wenn wir mit einer Pipette Karminwasser (Wasser mit fein vertheiltem Karmin) vor der Branchialöffnung bringen, wird es gleich eingezogen. Träufeln wir aber Karminwasser vor der Analsiphoöffnung wird es energisch weggeschleudert. Es sind ja diese allbekannten und oft beschriebenen Erscheinungen: das Wasser strömt durch die Branchialöffnung hinein und durch die Analsiphoöffnung hinaus.

Wenn wir aber auf dieselbe Weise längs dem unteren und vorderen Rande der Muschel prüfen, so finden wir sehr oft, dass hier keine wahrnehmbaren Strömungen

¹⁾ l. c.

vorhanden sind. Wenn auch der grosse Fuss hinausgestreckt ist und die Schalenklappen infolgedessen ziemlich weit geöffnet sind, können wir trotzdem hier oft keine Einströmung beobachten. Das Wasser strömt also bei dieser Gelegenheit nur durch die Branchialöffnung hinein. Nicht selten sind aber die Verhältnisse anders. Wird Karminwasser tropfenweise an verschiedenen Stellen des unteren und vorderen Schalenrandes bei einer ruhig liegenden *Najade* geträufelt, so findet man nämlich oft, dass es an der Mitte und am vorderen Ende kontinuierlich eingezogen wird. Wenn der Fuss ausgestreckt ist, können wir auch oft beobachten, dass eine Einströmung vor und hinter dem Fusse stattfindet (Fig. A). Wir finden also, dass bei dieser Gelegenheit Wasser an drei Stellen zwischen den Mantelrändern einströmt, durch die Branchialöffnung, an der Mitte und am vorderen Theil des grossen Mantelschlitzes.

Ohne Schwierigkeit können wir die Ursache zur Sistirung der Wasserströmungen durch den unteren und vorderen Theil des grossen Mantelschlitzes finden. Bei der ruhig liegenden Muschel mit offenstehenden Branchial- und Analsiphöffnungen sind die beidenseitigen Mantelrandinnenfalten oft gegen einander fest gedrückt und schliessen somit den ganzen unteren und vorderen Mantelschlitz völlig zu. Wenn der Fuss ausgestreckt ist, schmiegen sich diese Falten an jeder Seite um den Fuss herum und können somit auch in diesem Falle die Mantelkammer ganz zuschliessen, obgleich jetzt die Schalenklappen ziemlich weit auseinander entfernt sind.

Diese Falten sind aber sehr beweglich und bei der frei am Boden liegenden Muschel weichen sie nicht selten an der Mitte der ventralen Seite und am vorderen Theil der Muschel mehr oder wenig auseinander. Sobald hier eine Öffnung entsteht, strömt auch das Wasser auf diesem Weg in die Mantelhöhle hinein (Fig. A).

Berücksichtigen wir aber, wie die *Najaden* in der Freiheit leben, so ist es leicht einzusehen, dass die Einströmung gewöhnlich nur durch die Branchialöffnung stattfinden kann. Wir können aber ohne Schwierigkeit das Verhalten der Mantelränder bei einer solchen Muschel beobachten, die ihre natürliche Stellung im Boden einnimmt. Wenn wir einen *Unio* oder eine *Anodonta* in eine Glasschale überführen, deren Boden mit einer genügend dichten Schicht von Schlamm bedeckt ist, und die Muschel so in den Schlamm hineinsetzen, dass ihr unterer Schalenrand dicht gegen die Glaswand gedrückt wird, so können wir unsere Beobachtungen bequem machen. Nach einer Weile sperrt das Thier die Analsipho- und Branchialöffnungen auf und die Wasserströmungen fangen an, aber niemals weichen in dieser Lage die

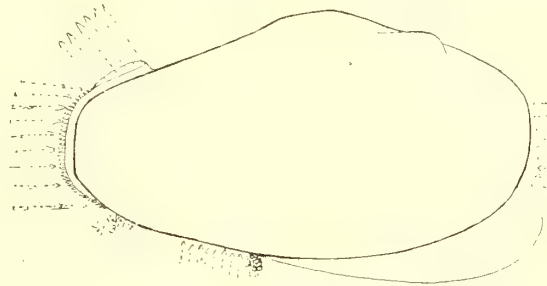


Fig. A. *Anodonta* in Ruhezustand. Der Fuss ein wenig ausgestreckt.

den unteren Mantelschlitz zuschliessenden inneren Mantelrandfalten auseinander. Dauernd wird nämlich der untere Mantelschlitz für die Einströmung des mit Schlamm vermengten Wassers zugeschlossen.

In seiner Lebensweise weicht bekanntlich *Mytilus edulis* von den *Najaden* in vielen Hinsichten ab. In der Freiheit sitzt ja diese Muschel mit ihren Byssusfäden an frei über den Boden hinaufragende Gegenstände befestigt, ringsum von reinem Wasser umgeben. Diese Lebensweise spiegelt sich auch, wie wir sehen werden, in den Strömungsverhältnissen ab. Wenn ein *Mytilus* in eine mit frischem Meereswasser gefüllte Schale überführt und eine Weile in Ruhe gelassen wird, dauert es gewöhnlich nicht lange, bevor das Spiel der Wasserströmungen in vollem Gange ist. Durch den kleinen Analsipho strömt das Wasser energisch aus und durch den ganzen Mantelschlitz längs der hinteren und unteren Seite der Muschel wird das Wasser gewöhnlich eingezogen. Bisweilen aber kann auch hier der Mantelschlitz theilweise zugeschlossen werden. Die wohl entwickelten und sehr beweglichen inneren Mantelrandfalten werden bei dem ruhig liegenden *Mytilus* am hinteren Ende

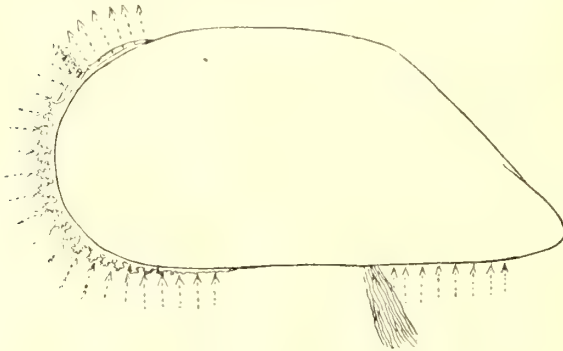


Fig. B. *Mytilus* im Zustand der Ruhe.

gewöhnlich ziemlich weit über die Schalenränder hinausgestreckt, und es bildet sich hier somit eine ziemlich weite Öffnung zwischen den beiden Schalenklappen, die eigentliche Branchialöffnung. In dem unteren Mantelschlitz dagegen werden diese Falten mehr rechtwinklig gegen die Manteloberfläche gehalten und infolgedessen wird hier der Mantelschlitz bedeutend verengert und nicht so

selten besonders an der Mitte ganz zugeschlossen, indem hier die beidseitigen Mantelrandfalten gegen einander gedrückt werden. In diesem Falle strömt das Wasser nur durch den vorderen und hinteren Theil des Mantelschlitzes hinein (Fig. B).

Hinsichtlich *Mya*, bei welcher der Mantel geschlossen ist, erhebt sich offenbar die Frage, ob Wasser auch durch die kleine Pedalöffnung einströmen kann. Die in eine mit frischem Meereswasser gefüllte Schale überführte *Mya* streckt nach kürzerer oder längerer Zeit gewöhnlich ihren langen Sipho aus, und wir können dann die Wasserströmungen untersuchen. Wie gewöhnlich strömt natürlich das Wasser durch die Analsiphoöffnung hinaus und durch die Branchialöffnung hinein. Diese Öffnungen sind offenbar, wenn die Thiere in der Freiheit leben, wie bei den *Najaden*, die einzigen, durch welche das Wasser gewöhnlich einströmen kann, da ja diese Muscheln sich auch tief im Boden vergraben und nur mit ihrem Sipho frei in das Wasser hinaufragen. Liegen sie aber am Boden ringsum vom Wasser umgeben, so ist auch der Fusschlitz entblösst, und dann ist ja die Möglichkeit

nicht ausgeschlossen, dass Wasser auch durch diese Öffnung aufgenommen wird. Dass so wirklich der Fall sein kann, darüber können wir uns ohne Schwierigkeit überzeugen. Bei der ruhig am Boden liegenden *Mya* weichen besonders in dem hinteren Theil des Fusschlitzes die Mantelrandinnenfalten nicht selten ein wenig auseinander und dann wird Karminwasser, vor diese Öffnung gebracht, energisch hineingezogen (Fig. C). Dies kann auch eintreffen, wenn der Fuss ausgestreckt ist. Es entsteht nämlich auch in diesem Falle nicht selten im hinteren Theil des Fusschlitzes eine kleine Öffnung, indem der Fuss nicht ganz den Schlitz ausfüllt. Für gewöhnlich ist aber, wenn der Fuss eingezogen ist, die Pedalöffnung durch Gegen-einanderlegen der inneren Randfalten völlig verschlossen und, wenn der Fuss ausgestreckt ist, füllt er oft die ganze Pedalöffnung aus, so dass kein Wasser einströmen kann. Jedenfalls können wir feststellen, dass bei der freiliegenden *Mya* eine Einströmung durch die Pedalöffnung stattfinden kann.

Hinsichtlich der Wassereinströmung können wir somit sagen: Bei denjenigen Muscheln, die wie *Mytilus* frei oberhalb des Bodens leben,

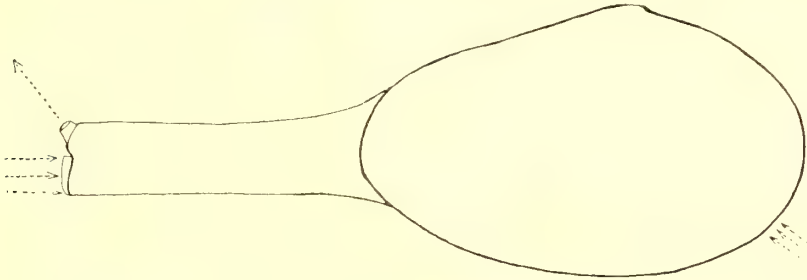


Fig. C. *Mya* in Ruhezustand am Boden einer Glasschale liegend.

strömt das Wasser gewöhnlich durch den ganzen Mantelschlitz hinein, bei den, welche, wie die *Najaden*, Bodenbewohner sind, findet gewöhnlich eine Einströmung nur durch die Branchialöffnung statt. Sowohl bei den *Najaden* wie bei *Mya* kann aber, wenn die Muscheln frei am Boden liegen, eine Einströmung auch durch Öffnungen in dem Mantel- oder Fusschlitz stattfinden. Diese Verhältnisse können wir aber in einem Satz mit allgemeinerer Gültigkeit ausdrücken: Dass Wasser muss durch jede beliebige Öffnung, die mit der infrabranchialen Kammer kommuniziert, einströmen. Die Gültigkeit dieses Satzes geht zwar nicht unmittelbar aus dem gesagten hervor, aber ist sehr leicht zu zeigen. Durch Hineinführen kleiner Glaskanülen zwischen die Mantelränder können wir z. B. bei einer *Najade* an den verschiedensten Stellen Öffnungen zur infrabranchialen Kammer hervorbringen. Immer beobachten wir, sobald die Muschel zu Ruhe gekommen ist, dass durch die Kanülen eine lebhaftere Einströmung stattfindet. Dasselbe können wir auch mit demselben Erfolg bei *Mya* machen. Auf Grund dieses Versuches dürfen wir auch den Satz aussprechen können, dass die

wassereinziehende Kraft bei den Muscheln ihre Wirkung über die ganze infrabranchiale Mantelkammer strecken muss und nicht so wirkt, dass das Einströmen des Wassers durch eine bestimmte Öffnung (die Branchialöffnung) vorzugsweise befördert wird.

Wie wird eine Vermengung der aus- und eingehenden Wasserströme verhindert?

Es liegt auf der Hand, dass es für die Muscheln wichtig sein muss, dass das ausfliessende, verbrauchte Wasser, womit die Exkremente und Exkretionsprodukte und gelegentlich auch Geschlechtsprodukte hinausgeführt werden, nicht unmittelbar wenigstens in den eingehenden Strom wieder hineinkommt und so dem Thier zugeführt wird. In Betreff der an der unteren Seite und am Vorderende der Muschel stattfindenden Einströmungen ist ja diese Möglichkeit ziemlich ausgeschlossen, aber nicht so hinsichtlich der durch die Branchialöffnung eingehenden Wasserströmung, da ja diese Öffnung in unmittelbarer Nähe der Ausströmungsöffnung liegt.

Hauptsächlich zwei Umstände sind es, die dazu beitragen, eine solche verhängnisvolle Vermengung zu verhindern. Zuerst möchte ich an das im vorigen schon hervorgehobene Verhältnis erinnern, dass, wenn der Analsipho ausgestreckt ist, seine Öffnung immer schräg nach der dorsalen Seite gerichtet ist (Figg. A—C). Infolgedessen fliesst auch das ausgetriebene Wasser immer in einer mehr oder wenig schrägen Richtung dorsalwärts. Ferner müssen wir auch ein anderes wichtige Verhältnis berücksichtigen, dass nämlich die Analsiphoöffnung immer bedeutend kleiner ist als die Einströmungsöffnung. Da aus Gründen, die später näher besprochen werden, in einer Zeiteinheit durch die Analsiphoöffnung eben so viel Wasser ausströmen muss, wie durch die Einströmungsöffnung eingesogen wird, so muss offenbar die Ausströmung mit viel grösserer Energie als die Einströmung stattfinden. Dies ist auch unschwer festzustellen. Wenn wir z. B. einen *Unio* von 7,5 cm Schalenlänge in ein mit Wasser gefülltes Gefäss von genügender Länge überführen und so orientieren, dass der Analsipho mit seiner Mündung in der Längsrichtung des Gefässes zu liegen kommt, so können wir, sobald die Muschel zu Ruhe gekommen ist, leicht die Wirkungen der entgegengesetzten Strömungen im umgebenden Wasser verfolgen. Lassen wir etwas Karminwasser aus der Pipette langsam vor der Analsiphoöffnung ausfliessen, so wird dies gleich von dem ausgehenden Strom gegriffen. Der Weg des ausfliessenden Wassers wird für einige Augenblicke durch einen rothen Streifen markirt. Erst an einer Entfernung von etwa 40 cm. von der Analsiphomündung fängt das feinvertheilte Karmin an, zum Boden zu sinken oder in das umgebende Wasser zu diffundiren. Erst hier hören also die sichtbaren Wirkungen der Ausströmung auf. Die eingehende Strömung ist aber erst in der unmittelbaren Nähe der Branchialöffnung merkbar. Das Karminwasser wird nämlich erst in einer Entfernung von etwa 1,5 cm vor der Mündung ein-

gezogen. Ähnliche Verhältnisse können wir auch bei den anderen Muscheln beobachten. Das Wasser strömt also durch die Analsiphonöffnung mit viel grösserer Energie aus als durch die Branchialöffnung ein und dies hat offenbar zur Folge, dass das ausgetriebene Wasser und die darin enthaltenen Theilchen nicht in den eingehenden Strom hinüberkommen können. Wir finden somit, dass infolge der mehr dorsalwärts gehenden Richtung und infolge der grösseren Energie der Ausströmung, das ausgetriebene Wasser nicht mit dem durch die Branchialöffnung einströmenden vermischt wird und dass alle feste Theilchen, welche mit dem Auswurfswasser folgen, wenn sie nicht so schwer sind, dass sie ziemlich bald zum Boden sinken, weit ausserhalb des Bereiches des eingehenden Stromes fortgetrieben werden.

Fliessen die aus- und eingehenden Strömungen bei der ruhig liegenden Muschel kontinuierlich?

In der Literatur liegen hinsichtlich dieser Frage zwar keine eingehendere Untersuchungen vor, aber wir finden jedoch viele mehr oder wenig gelegentlich gemachten Beobachtungen und Angaben, die nicht mit einander übereinstimmend sind. Dass die Ausströmung bei einer ruhigen Muschel kontinuierlich fortläuft, wird von SHARPEY ¹⁾, ALDER und HANCOCK ²⁾ und WILLIAMS ³⁾ angegeben. WILLIAMS sagt ferner, dass der ausgehende Strom mehr kontinuierlich ist als der durch die Branchialöffnung hineingehende, während GRIESBACH ⁴⁾ hervorhebt, dass an der Athemöffnung ein fortwährendes Einströmen stattfindet. CLARK ⁵⁾ und MILNE EDWARDS ⁶⁾ behaupten dagegen, dass die Strömungen nicht kontinuierlich sind, sondern unregelmässig verlaufen. MILNE EDWARDS fügt ferner hinzu: »souvent l'animal les (les courants respiratoires) interrompt, non-seulement quand il est inquieté, mais aussi quand il est dans un état de calme parfait». In BRONN'S Klass. u. Ordnung. ⁷⁾ wird hinsichtlich der Strömungen erwähnt, dass das Einströmen ununterbrochen und gleichzeitig neben dem Ausströmen fort dauert, dass aber alle 1—2—3 Minuten die Muschel (*Anodonta*) plötzlich die Schale schliesst und das Übermaass des darin enthaltenen Wassers nach allen Seiten ausstösst. Auf einer anderen Stelle ⁸⁾ wird gesagt: »Eine periodische theilweise Entleerung der Kloaken-

¹⁾ l. c., p. 622.

²⁾ l. c., p. 376.

³⁾ l. c., p. 53.

⁴⁾ l. c., p. 23.

⁵⁾ l. c., p. 376.

⁶⁾ l. c., p. 44.

⁷⁾ p. 416.

⁸⁾ l. c., p. 428.

kammer und beziehungsweise des ganzen vom Mantel umschlossenen Raumes findet bei vielen Muscheln alle paar Minuten — — — statt».

Zuerst, bevor wir näher untersuchen, ob die Strömungen bei der ruhigen Muschel kontinuierlich fliessen, wollen wir eines damit in engster Beziehung stehenden Verhältnisses mit einigen Worten gedenken, und zwar der gegenseitigen Abhängigkeit der in verschiedenen Richtungen fliessenden Strömungen.

Zwar dürfte es wohl von vorherein, wenn man die Organisationsverhältnisse der Muscheln berücksichtigt, ziemlich klar sein, dass die in entgegengesetzter Richtung fliessenden Strömungen ganz abhängig von einander sein müssen, so dass keine Einströmung ohne eine gleichzeitige Ausströmung und umgekehrt stattfinden kann. Da aber diese Frage für die Beurtheilung der wassertreibenden Ursachen nicht unwichtig ist und ausserdem abweichende Angaben vorliegen, wollen wir dieselbe durch ein einfaches Experiment entscheiden.

An einer ganz frischen *Anodonta* wird durch die Analsiphonöffnung eine Glaskanüle von eben so grosser Weite, dass sie im Siphon genau passt, in die supra-branchiale Kammer und eine andere ähnliche Kanüle durch die Branchialöffnung in die infrabranchialen Kammer hineingeführt. Dann wird die Muschel mittels eines Bindfadens gut zusammengebunden, so dass die Schalen nicht klappen können und die Kanülen fest sitzen. Mit Gips kitten wir den Mantelschlitz vollkommen zu, so dass das Wasser nur durch die Kanülen hinein- und hinausströmen kann und legen dann die so behandelte Muschel in eine mit Wasser gefüllte Glasschale. Gewöhnlich dauert es nicht lange, bevor die Strömungen durch die künstlich hergestellten Siphonen im Gange sind, durch die Analsiphonkanüle geht ein lebhafter Ausstrom und die Branchialkanüle ein Einstrom. Setzen wir aber jetzt eine kleine aus Stanniolpapier verfertigte Kappe über die Mündung der Analsiphonkanüle, so wird in demselben Augenblicke auch die Einströmung durch die Branchialkanüle sistirt. Zur selben Zeit aber, wo wir diese Kappe ein wenig seitwärts biegen, so dass die Kanülmündung an einer Stelle frei wird, fängt die Einströmung durch die Branchialkanüle gleich an. Wird diese Kanüle zugeschlossen, so hört gleichzeitig die Ausströmung durch die Analsiphonkanüle auf u. s. w. Die Strömungen sind somit von einander ganz abhängig. Daraus können wir auch schliessen, dass jede Schwankung in dem einen Strome auch auf den anderen einwirken muss und ferner, dass dieselbe mechanische Ursache, die das Wasser durch den Analsiphon hinaustreibt aller Wahrscheinlichkeit nach auch das Wasser durch die Einströmungsöffnung hineinziehen muss.

Nachdem dies also festgestellt worden, gehen wir zu der Frage über, ob die Strömungen bei der ruhig liegenden Muschel kontinuierlich fortgehen oder dann und wann nach mehr oder weniger regelmässigen Intervallen unterbrochen werden.

Das Sistiren der Strömungen kann offenbar durch verschiedene Ursachen hervorgerufen werden. Zuerst natürlich durch das Zusammenklappen der Schalen, wobei das Wasser theilweise aus dem Mantelraum, bisweilen durch alle Öffnungen auf

ein Mal, hinausgepresst wird. Ferner kann das Thier, ohne eine Adduktionsbewegung der Schalenklappen zu machen, dadurch die Strömungen zum Stillstand bringen, dass es die Aus- und Einstromungsöffnungen zusammenzieht oder, da die Strömungen, wie gezeigt wurde, von einander ganz abhängig sind, dadurch, dass es nur die eine dieser Öffnungen verschliesst. Es ist natürlich bei einer ruhig liegenden Muschel unschwer durch direkte Beobachtung zu entscheiden, ob Adduktionsbewegungen oder Verschliessen der Anal- oder Branchialsiphonöffnungen vorgenommen und die Strömungen infolgedessen unterbrochen werden. Da es aber auch denkbar ist, dass die Strömungen infolge anderer von aussen nicht wahrnehmbarer Ursachen, z. B. durch Kontraktionen in den Kiemenblättern, wobei die Interfilamentären Spalten, die interlamellaren Kammern oder die Kiemengänge u. s. w. bei offenstehenden Anal- und Branchialsiphonen verschlossen werden, sistirt werden können, so können wir uns natürlich nicht mit nur direkten Beobachtungen der Analsiphon- und Branchialöffnungen begnügen, sondern müssen auf andere Weise dieser Frage näher zu treten versuchen. Um die Strömungsverhältnisse bei den Muscheln genauer kennen zu lernen, habe ich folgende Versuchsanordnung benutzt.

Die zur Untersuchung gewählte Muschel wurde in Seitenlage mit Gips am Boden einer Glasschale befestigt, damit sie sich während des Versuches nicht verschieben möchte. Danach wurden alle Gipstheilchen sorgfältig weggespült und die Glasschale mit reinem Wasser gefüllt. Um jetzt die in den Strömungen eventuell eintretenden Veränderungen bequem beobachten zu können, wurde ein freischwingendes Pendel benutzt, dessen unteres Ende vor der Analsiphonmündung angebracht wurde. Dieses Pendel war aus sehr dünnem Aluminiumrohr vom Instrumentmacher des hiesigen physiolog. Instituts Cand. H. Sandström verfertigt und hatte von der horizontalen Axe bis an das untere Ende eine Länge von 30,35 cm. Oberhalb seiner horizontalen Axe streckte es sich 5,2 cm. Der untere Theil, so weit das Pendel in das Wasser hinuntergesenkt wurde, war auf einer Strecke von 5,4 cm. sehr dünn parallel zur Schwingungsrichtung ausgehämmer, damit er so wenig Widerstand gegen das Wasser wie möglich machen sollte. Am unteren Ende war ein kleines kreisrundes Plättchen parallel zur horizontalen Axe des Pendels befestigt. Der Diameter dieses Plättchens betrug 8 mm. Die horizontale Axe des Pendels ruhte mittels zwei spitziger Nadeln an einem gabelförmig gespalteten Arm einer Stative. Das Pendel konnte somit unbehindert in einer Richtung schwingen. Ferner war ein kleiner Spiegel an der Mitte der horizontalen Axe befestigt und dieser von einer elektrischen Glühlampe, deren Licht durch eine Sammellinse concentrirt wurde, beleuchtet. Das Bild des glühenden Drahtes wurde auf einen weissen Papierschirm reflektirt, der in einer Entfernung von 92 cm von dem Spiegel aufgestellt wurde. Da das Pendel sehr empfindlich war und auch bei den schwächsten Wasserbewegungen oder sogar Luftzügen bedeutende Schwingungen machte, wurde die Stative mit dem Pendel und die Glasschale mit dem Versuchsthiere auf eine feste Konsole aufgestellt und mit einem Pappkasten bedeckt, an dessen der Lichtquelle zugekehrten Seite ein Loch ausgeschnitten

war, so dass das Licht den Spiegel treffen und dieser es reflektiren konnte. Ausserdem waren am unteren Theil des Kastens zwei Öffnungen gegenüber einander so angebracht, dass man durch sie das Versuchsthier beobachten konnte. Damit kein Luftzug durch diese Öffnungen in den Kasten hineinkommen sollte, wurde diese Öffnungen mit Glasplatten zugedeckt. Durch die eine wurde ferner von einer elektrischen Glühlampe Licht in den Kasten hineinreflektirt, so dass man genau und unaufhörlich die Muschel und das Pendel während des Versuches kontrolliren konnte.

Allerdings ist es nicht immer leicht eine Muschel in ganz ungeretzten Zustand zu versetzen. Die besten Resultate habe ich immer mit ziemlich neugefangenen Individuen bekommen. Haben nämlich die Muscheln eine Zeit in den Zimmeraquarien in Wasserleitungswasser oder Seewasser gelebt, wo die Nahrungszufuhr gering ist, gehen sie gewöhnlich nur für eine kürzere Zeit oder gar nicht in vollkommene Ruhe über. Ferner ist es nöthig ganz reines Wasser, das von allen Schlammartikelchen frei ist, zu benutzen und die Schale, worin das zur Untersuchung bestimmte Thier liegt, auf eine feste Konsole zu setzen, die nicht erschüttert werden kann, denn die Muscheln sind für alle auch ziemlich unbedeutenden Erschütterungen ungemein empfindlich.

Haben wir also alles in Ordnung gemacht, so bestimmen wir zuerst, wo der Bild des glühenden Drahtes bei Ruhelage des Pendels sich am Papierschirm befindet. Danach wird die Schale mit der Muschel (*Anodonta* oder *Unio*) zum Pendel so eingestellt, dass die Analsiphomündung genau 4 mm. von dem Pendelplättchen zu stehen kommt und ferner so, dass der ausgehende Wasserstrom genau die Mitte des Plättchens trifft. Infolge der Kraft der Ausströmung wird das Pendel gleich aus seiner Gleichgewichtslage getrieben und der Index springt an den Papierschirm in die Höhe. Ist die Muschel nun in einem ganz ungeretzten Zustande, so geht das Pendel nicht wieder in die senkrechte Stellung zurück. Stundenlang kann nämlich der Index in der Höhe verbleiben, ohne zum Nullpunkt zu sinken. Wir können also aus diesem Versuche den Schluss ziehen, dass bei der völlig ruhig liegenden, d. i. ganz ungeretzten Muschel die Strömungen kontinuierlich fliessen. Sie werden weder durch Adduktionsbewegungen der Schale, durch Verschliessen der Aus- oder Einströmungsöffnungen noch durch Kontraktionen in den Kiemen unterbrochen. Das Sistiren der Strömungen ist immer eine Folge eines das Thier treffenden Reizes.

Jetzt erhebt sich aber die Frage, ob die Strömungen während der ganzen Zeit immer mit derselben Stärke fliessen? Um dies zu entscheiden, können wir natürlich dieselbe Versuchsanordnung benutzen, denn auch bei den kleinsten Schwankungen des aus- oder eingehenden Stromes ändert das sehr empfindliche Pendel seine Lage, und wir können somit die Schwankungen bequem durch die Bewegungen des Index ablesen. Um ein klares Bild von den Veränderungen in den Strömungen zu gewinnen, habe ich die Bewegungen des Pendels photographisch registriert. Zu

diesem Zwecke wurde anstatt des Papierschirmes ein elektrisch getriebenes Kymographion in einer Entfernung vom Pendelspiegel von 96,8 cm aufgestellt. An der Trommel, welche in einem Zinkblechkasten eingeschlossen war, wurde Bromsilbergelatinpapier gespannt. Der Blechkasten war an der dem Pendelspiegel zugekehrten Seite mit einer verticalen engen Spalte versehen, durch welche das vom Spiegel reflektirte Licht an das Papier hineingeworfen werden konnte. Der Umkreis der Trommel betrug 50 cm., ihre Höhe 13 cm. und ihre Umdrehungszeit war 8 Minuten.

Auf diese Weise habe ich eine Menge Kurven von Muscheln in verschiedenen Zuständen aufgezeichnet. Wenn das Thier sich in einem ganz ungereizten Zustand befindet und während des Versuches nicht auf irgend eine Weise beunruhigt wird, bekommt man von dem ausgehenden Wasserstrom eine Kurve wie in Fig. 1, Taf. I. Wenn wir diese Kurve betrachten, fällt es gleich in die Augen, dass sie sich auf etwa derselben Höhe hält, aber nicht ganz glatt läuft. Immer zeigt sie nämlich kleine rhytmische hinsichtlich ihrer Form sehr regelmässige Wellenbewegungen. Diese Bewegungen traten bei *Anodonta* bei einer Wassertemperatur von $+ 20,5^{\circ}$ C. ziemlich konstant 12 Mal in der Minute ein, wie aus der Kurve ersichtlich ist. Nur selten sind kleine Unregelmässigkeiten zu sehen. Bei der Gelegenheit, wo die Kurve aufgezeichnet wurde, aus welcher in Fig. 1 ein Stückchen, umfassend 4 Minuten, wiedergegeben ist, wurden während 16 Minuten die Bewegungen des Pendels registriert und während dieser Zeit nur zwei Mal, in der 9 und 15 Minute eine kleine gipfförmige Erhöhung (Fig. 1 a) beobachtet. Die Ursache der Wellenbewegungen und die der kleinen gipfförmigen Erhöhungen in den Stromkurven bei der ruhigen Muschel werden später näher erläutert, hier können wir von ihnen absehen und nur so viel aus der Kurve entnehmen, was für die Beantwortung der aufgestellten Frage von Interesse ist, dass nämlich bei der ruhig liegenden, d. i. ganz ungereizten Muschel die Wasserströmungen mit konstanter Stärke fliessen.

Wie schon hervorgehoben wurde, ist es aber bei den veränderten biologischen Verhältnissen, unter denen die Muscheln in den kleinen Zimmeraquarien leben müssen, nicht immer leicht eine Muschel in völlige Ruhe zu bringen. Wie schwer es wirklich ist, findet man erst, wenn man die Ströme registriren will. Hierbei muss man nämlich die Muschel in einer mehr oder weniger unnatürlichen Stellung z. B. in Seitenlage eine längere Zeit halten, was offeubar das Thier in einen Reizzustand versetzt. Daher bekommt man auch verhältnissmässig selten solche schönen ruhigen Kurven wie in Fig. 1, die einen ganz ungereizten Zustand widerspiegelt. Die Muschel kann zwar ihre Schale geöffnet und den Anal- und Branchialsipho ausgestreckt haben und in diesem Zustand ohne Adduktionsbewegungen zu machen oder die Aus- und Einströmungsöffnungen zu schliessen stundenlang liegen bleiben und somit den Eindruck einer ganz ungereizten Muschel geben, aber trotz dem ist sie nicht in einen völligen Ruhezustand übergegangen. Die Stromkurven zeigen es ganz genau. Von solchen Muscheln, die zwar von aussen nicht merkbar gereizt werden und daher auch, so weit man es sehen kann, ganz

ruhig liegen, aber jedoch nicht ganz beruhigt oder ungereizt sind, bekommt man bei der Registrierung des ausgehenden Stromes zwar gewöhnlich Kurven, die sich auf einer fast konstanten Höhe halten, aber ein von der ganz ruhigen Kurve in Fig. 1 ziemlich abweichendes Aussehen zeigen. An solchen Kurven von relativ ruhigen Muscheln sind grössere oder kleinere hinsichtlich ihrer Zahl in der Zeiteinheit und Form ziemlich unregelmässige Erhöhungen und Abfälle immer vorhanden. Von den regelmässigen Wellen, die die Kurve in Fig. 1 zeigte, ist nur wenig oder bisweilen gar nichts zu sehen. In der Fig. 2 haben wir eine 3 Minuten umfassende Kurve, die der völlig ruhigen Kurve allerdings nahe kommt. Man sieht hie und da die kleinen Wellen wie in Fig. 1, aber ziemlich undeutlich, meistens sind sie durch grössere unregelmässige Bewegungen verdrängt. An der in Fig. 3 wiedergegebenen Kurve, die auch 3 Minut. umfasst, treten diese Unregelmässigkeiten noch deutlicher hervor, in dem die Kurve oft mehrere Mal in der Minute kleine gipfelförmige Erhöhungen zeigt, aber an den wenigen Stellen, wo sie mehr ruhig läuft, treten kleine Wellenbewegungen hervor, die an die in der Fig. 1 wiedergegebenen regelmässigen Wellen erinnern. Ein abweichendes Aussehen bietet die in Fig. 4 gezeichnete Kurve dar. Hier ist zuerst eine mehr bedeutende Schwankung in der Stromstärke zu beobachten. Während der 1 Minute steht die Kurve hoch, sinkt am Ende dieser Minute allmählich und erreicht während der 2 Minute ihr Minimum, steigt dann während der 3 Minute wieder. So stieg und fiel die Kurve ohne bis zur Nulllinie zu sinken während der 16 Minute, wo die Ausströmung registriert wurde. Gleichzeitig traten, wie aus der Fig. 4 ersichtlich ist, immer grössere oder kleinere steilere Abfälle und Erhöhungen auf. Die Kurve bekundet somit durch ihr unregelmässiges Aussehen, dass das Thier in einem Zustand der Unruhe war, obgleich es nicht, so weit man es beobachten konnte, von aussen gereizt wurde. Diese und ähnliche Kurven führen zu den Kurven über, die den typischen Reizzustand veranschaulichen und die wir später näher ins Auge fassen werden. Hier wollen wir uns auf die Untersuchung der relativ ruhigen Kurven beschränken und aus diesen können wir hinsichtlich der Strömungen schliessen, dass diese in dem Zustand von relativer Ruhe der Muschel mit ziemlich unveränderter Stärke fortgehen. Die Stromkurve bewegt sich nämlich zwar mit etwas grösseren oder kleineren, aber gewöhnlich nicht mit erheblicheren Schwankungen um dieselbe Höhelinie und sinkt niemals bis zur Nulllinie hinunter. Die Ursachen dieser unregelmässigen Schwankungen und die der Abwesenheit der kleineren regelmässigen Wellenbewegungen werden wir im Folgenden näher besprechen.

Somit haben wir die Störungsverhältnisse bei den ganz ruhig und bei den relativ ruhig liegenden Muscheln kennen gelernt. Um die Ergebnisse kurz zusammenzufassen, können wir sagen, dass die Muschel in diesem Zustand die Wasserströmungen weder durch Adduktionsbewegung noch durch Verschliessen der Aus- oder Einströmungsöffnungen unterbrechen. Die Wasserströmungen gehen mit fast konstanter Stärke fort, zei-

gen aber auch bei völligem Ruhezustand des Thieres kleine regelmässige Schwankungen. Ist die Muschel nicht in einen vollkommenen Ruhezustand übergegangen, so sind die Schwankungen der Ströme grösser und mehr unregelmässig.

Bevor wir auf eine nähere Untersuchung über die Ursache der kleineren regelmässigen und grösseren unregelmässigeren Schwankungen in den Strömungen eingehen können, ist es nöthig zuerst die wasserstromerzeugenden Ursachen so weit möglich klarzulegen. Wir müssen also jetzt die Frage ins Auge fassen, wie entstehen die Wasserströmungen?

Die Ursache der Wasserströmungen.

Es liegt auf der Hand, dass die in dem die Muschel umgebenden Wasser hervortretenden Strömungen nur die sichtbaren Wirkungen der innerhalb der Mantelkammer vorhandenen Wasserströmungen sind. Wie schon erwähnt, wurde auch bereits an der Mitte des vergangenen Jahrhunderts die Strömungen in der Mantelkammer von vielen Verff. untersucht und besonders durch die Arbeiten von SHARPEY, ALDER und HANCOCK und WILLIAMS festgestellt, dass das Wasser durch die interfilamentären Öffnungen in den Kiemenlamellen aus der infrabranchialen in die suprabranchiale Kammer hinaufgetrieben wird, um weiter durch die Analsiphonöffnung hinauszuströmen. Schon SHARPEY hob hervor, dass es hauptsächlich die an den Rändern der Kiemenfilamente sitzenden Wimpern sind, welche diese Wasserströmung bewirken, eine Auffassung, die auch bei den anderen Verff. jener Zeit (z. B. ALDER und HANCOCK, WILLIAMS u. a.) Zustimmung fand. Neulich hat auch STENTA in seiner verdienstvollen Arbeit dieselbe Meinung ausgesprochen, in dem er erwähnt, dass die Wasserströmungen im Inneren der Mantelkammer lediglich durch besondere an den Kiemenfäden schlagende Wimperhaare erzeugt werden.

Nach dieser Auffassung ist also das Einströmen des Wassers in die infrabranchiale Kammer nur eine Nachströmung. Durch die Schlagbewegung der Randwimpern an den Kiemenfilamenten wird das in der infrabranchialen Kammer vorhandene Wasser in die suprabranchiale Kammer hinaufgetrieben und infolgedessen muss durch die Öffnungen zwischen den Mantelrändern neues Wasser in die infrabranchiale Kammer einströmen. Schon SHARPEY sagt, dass es scheint, als ob die Einströmung eine nothwendige Folge der Ausströmung sei.

Die Verff. stimmen zwar alle darin überein, dass die an den Kiemenfilamenten sitzenden Wimpern eine Strömung von der infrabranchialen nach der suprabranchialen Kammer erzeugen und dass dies eine Ursache der Einströmung von aussen bildet, aber viele nehmen ausserdem an, dass auch andere Verhältnisse zur Bewegung des Wassers in die angegebenen Bahnen mitwirken. So will BRONN¹⁾ die Einströmung auf folgende Weise erklären: Die Flimmerbewegung der Kiemen treiben

¹⁾ l. c. p. 414.

das Wasser vom befestigten Ober- nach dem freien Unterrande der Kiemen und gleichzeitig einen Theil davon durch das Kiemennetz hindurch in die Kloakenhöhle. Dadurch aber dass alles Wasser unausgesetzt vom angewachsenen zum freien Rande der Kiemen getrieben wird, muss eine mehr oder weniger regelmässige Nachströmung frisches Wassers von den Seiten des Körpers, wo diese offen sind und die Kiemen frei liegen, oder von deren hinteren Ende aus zwischen dieselben hinein zustandekommen.

Da die Innenseite des Mantels und andere Theile des Muschelkörpers bekanntlich auch mit Flimmerepithel bekleidet sind, so liegt offenbar die Annahme sehr nahe, dass diese Wimpern auch für die Wasserströmungen von Bedeutung sein können. So hebt bereits SHARPEY hervor, dass ausser der Kiemenbewimperung auch das Wimperkleid an anderen Theilen des Körpers bei der Herstellung der Strömungen betheiligt ist und ALDER und HANCOCK nehmen an, dass bei den *Siphoniaten* das Wasser infolge der Bewegung der in dem Siphon sitzenden Wimpern eingezogen wird. In demselben Sinne werden die Strömungen bei diesen Muscheln auch in BRONN'S Klass. und Ordnung. ¹⁾ beschrieben. Nachdem die Strömungen in der infrabranchialen Kammer näher erwähnt worden, wird hervorgehoben: — — — »so bildet sich eine Ausströmung des verbrauchten Wassers durch die Kloaken- und eine Nachströmung durch den darunter liegenden Kiemensiphon einwärts, die jedoch unmerklich und wahrscheinlich ungenügend sein würde, wenn nicht das Innere dieser Siphonen ebenfalls mit einem in entsprechender Richtung kräftig wirkenden Flimmerepithelium ausgekleidet wäre».

Auch unter den jetzigen Zoologen dürfte die Vorstellung ziemlich verbreitet sein, dass die Bewimperung an der Innenseite der Mantellappen für die Erzeugung der Strömungen von Bedeutung ist. In verschiedenen Arbeiten findet man nämlich oft Angaben, die so was andeuten. So sagt B. GRIESSBACH ²⁾, dass die Flimmercilien bei diesen Strömungen lebhaft betheiligt sind, indem ihre Schwingungen an der Athemöffnung von aussen nach innen, an der Kloakenöffnung umgekehrt vor sich gehen. CLAUS ³⁾ hebt ebenfalls hervor, dass das Wasser durch die Einführungsöffnung unter dem Einflusse eigenthümlicher Wimpereinrichtungen der inneren Mantelfläche und der Kiemen bei etwas klaffender Schale in den Mantel- oder Athemraum gelangt. Von HATSCHEK und CORI ⁴⁾ wird auch erwähnt, dass die Flimmerhaare an der inneren Mantelfläche, am Velum und an den Kiemen eine Cirkulation des Athemwassers herbeiführen, u. s. w.

Während die erwähnten Verff. nur die Wimperbewegung allein als stromerregende Ursache ansehen, hebt SABATIER ausserdem ein anderes Moment als mitwirkende Ursache hervor. Er hat nämlich bei *Mytilus edulis* beobachtet, dass die Kiemenfilamente rythmisch bewegt werden und nimmt daher an, dass durch diese

¹⁾ l. c., p. 415.

²⁾ l. c., p. 24.

³⁾ Lehrbuch der Zoologie, 1887, p. 566.

⁴⁾ Elementarcurs der Zootomie, Jena, 1896.

Bewegung, die etwa 70 Mal in der Minute stattfindet, zusammen mit der Schlagbewegung der Kiemenwimpern eine Erneuerung des Athemwassers bewerkstelligt wird.

Wir finden also, dass hinsichtlich der Ursachen der Strömungen bei den Muscheln etwas von einander abweichende Auffassungen ausgesprochen worden sind. Sämmtliche Verff. stimmen zwar in der Annahme überein, dass die Kiemenbewimperung hierbei eine wichtige Rolle spielt, während aber einige diese Bewimperung als einzig wirkende Ursache betrachten, heben andere hervor, dass auch die Bewimperung der inneren Mantelfläche von Bedeutung ist, und ein Verf. sieht in einer rhythmischen Verengung und Erweiterung der interfilamentären Spalten bei *Mytilus* eine beitragende Ursache. Im folgenden wollen wir zuerst die Frage zur Behandlung aufnehmen, ob die Mantelbewimperung an der Herstellung der Ein- und Ausströmungen betheiligt ist.

Wirkt die Bewimperung der inneren Mantelfläche beim Zustandekommen der aus- und eingehenden Strömungen mit?

Da die Innenfläche der Mantellappen bekanntlich mit Wimpern bekleidet ist und da, wie GRIESBACH bemerkt, die Schlagrichtung der Wimpern an der Branchialöffnung im grossen und ganzen von aussen nach innen und an der Analsiphonöffnung umgekehrt vor sich geht, so ist der Gedanke nicht ohne weiteres abzuweisen, dass die Bewegungen dieser Wimpern dazu beitragen können, das Wasser hinein- und hinauszutreiben. Zwar hat SHARPEY schon darauf aufmerksam gemacht, dass die Ausströmung auch bei einer solchen Muschel fortgeht, bei welcher die eine Schalenklappe weggenommen ist, und infolgedessen geschlossen, dass die Ausströmung hauptsächlich durch die Wirksamkeit der Kiemenbewimperung verursacht wird. Da man aber aus diesem Verhältnisse nicht sehen kann, wie viel die Pallealenwimpern zur Erzeugung der Strömungen beitragen oder ob sie überhaupt daran betheiligt sind, so wollen wir diese Frage zu einer näheren Prüfung aufnehmen.

Wenn die Mantelbewimperung in der infrabranchialen Kammer überhaupt eine Bedeutung für das Zustandekommen der Einströmung hat, so muss offenbar auch die Ausströmung eine Schwächung leiden, wenn wir die Wirksamkeit dieser Wimpern ausschalten. Auf zwei Wegen können wir diese Wimpern aus dem Spiele setzen. Wir können nämlich entweder die beidenseitigen Mantellappen aus der ganzen infrabranchialen Kammer völlig extirpieren oder die palleale Bewimperung dieser Kammer einfach zerstören. Beide Operationen habe ich mit gutem Erfolg ausgeführt. Das Ausschneiden der Mantellappen ist jedoch mit gewissen Schwierigkeiten verbunden, da beim Losmachen des hinteren Mantelrandes die Muschel ihren Körper gewöhnlich ziemlich stark der Länge nach kontrahirt. Infolgedessen werden die Kiemenblätter mehr oder weniger gefaltet und sowohl die interlamellären wie auch die suprabranchialen Kammern stark verengert, was offenbar die Stärke der Strömungen beeinflussen muss. Wenn man diese Operation an einem *Unio* oder

einer *Anodonta* ausführen will, schneidet man daher vorsichtig mit einem scharfen Messer die Mantellappen längs der Verwachsungslinie der äusseren Kiemenlamellen mit dem Mantel und am Hinterende des Thieres unter der Intersiphonalfalte ab und achtet sehr genau darauf, dass die Kiemen nicht beschädigt werden und dass die den Analsipho am Schalenrand befestigenden Muskeln nicht zerrissen werden. Das andere Verfahren ist indessen etwas einfacher und führt ebenso gut zum Ziel. Mit einem scharfen Messer kratzt man vorsichtig die Epithelbekleidung an der Innenseite der beiden Mantellappen völlig ab, ohne die Kiemenblätter oder ihre Verwachsung mit den Mantellappen zu beschädigen. In beiden Fällen bekommen wir, wenn die Operation gelungen ist, was bei einiger Übung leicht geschieht, eine Muschel, bei welcher, wenn die Wasserströmungen überhaupt zum Vorschein kommen, diese ohne Mitwirkung der pallealen Bewimperung der infrabranhialen Kammer stattfinden müssen.

Nach der Operation hält gewöhnlich die Muschel ihre Schale ziemlich lange, oft mehrere Tage geschlossen, aber sobald sie schliesslich ihren Analsipho öffnet, ist es unschwer zu sehen, dass eine ziemlich kräftige Ausströmung stattfindet. Die Wasserströmungen können somit auch bei solchen Muscheln fortgehen, welche die palleale Bewimperung der infrabranhialen Kammer völlig entbehren. Die Frage erhebt sich aber, ob diese Strömungen mit derselben Stärke wie bei einem normalen Thier fliessen?

Um dies zu entscheiden, können wir natürlich das schon beschriebene Pendel benutzen, indem wir untersuchen, ob dasselbe, vor dem Analsipho der operirten Muschel gebracht, ebensoweit aus seiner Ruhelage getrieben wird wie bei einer normalen Muschel. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, dass die operirte Muschel immer in einem Reizzustand verharrt und ihren Analsipho niemals in seiner vollen Weite öffnet. Auch hält sie aller Wahrscheinlichkeit nach auch ihre Kiemen mehr oder weniger kontrahirt. Dies muss natürlich verursachen, dass, wenn auch dieselbe wassertreibende Kraft in beiden Fällen wirkt, das Pendel jedoch nicht bei der operirten Muschel so weit in die Höhe getrieben werden kann, wie bei einem in Ruhezustand sich befindenden normalen Thier. Daher müssen wir natürlich die Ausströmung bei der normalen Muschel in einem möglichst übereinstimmenden Reizzustand untersuchen. Um dies zu erreichen, habe ich, wie bei einem vorher beschriebenen Versuche, bei einem normalen *Unio*- und *Anodonta*-individuum eine kurze Glaskanüle in den Analsipho hineingesetzt und sie festgekipst, darauf drei ebensoweit Kanülen durch die Branchialöffnung und durch den grossen Mantelschlitz in die infrabranhiale Kammer hineingeführt und dann die ganze Schalenmündung mit Gips zugeschlossen, nachdem vorher das Thier mit einem starken Bindfaden fest umgebunden war, damit es keine Adduktionsbewegungen machen sollte. Jetzt haben wir also eine normale Muschel, bei welcher die Aus- und Einströmungsöffnungen von unveränderlicher Weite sind. Infolge des Reizes, welchen die in den Analsipho und in die infrabranhiale Kammer hineingeführten Kanülen

ausüben, hält sich das Thier in einem dauernden Reizzustand, also etwa in demselben Zustand wie die operirte Muschel.

Nachdem dies gemacht ist, wird das Pendel, wie bei der Untersuchung der Strömungen schon beschrieben wurde, angebracht und seine Bewegungen photographisch registriert. Die in Fig. 5, Taf. I wiedergegebene Kurve, welche in einem anderen Zusammenhang näher diskutirt werden wird, kann eine Vorstellung von der Stärke des Ausströmes bei einer auf oben erwähnte Weise behandelten Muschel geben. Die Kurve liegt, wie ersichtlich ist, sehr niedrig und zeigt nicht selten kleine unregelmässige Abfälle und Steigungen. Ausserdem können wir, wenn auch ziemlich undeutlich, die kleinen regelmässigen Wellenbewegungen spüren, die wir an der völlig ruhigen Kurve beobachteten.

Nachdem dies gemacht ist, ziehen wir die Kanüle aus, öffnen vorsichtig die Schale, schneiden die Mantellappen, wie vorher beschrieben, ab oder kratzen mit einem scharfen Messer die Epithelbekleidung der Innenseite der Mantellappen weg und verfahren wie in vorigem Falle. Wir bekommen hierbei eine Kurve von derselben Höhe und demselben Aussehen wie bei der normalen Muschel.

Auch durch ein anderes Verfahren, und zwar durch Bestimmung der Ausströmungsgeschwindigkeit, habe ich gefunden, dass die Strömungen bei der operirten Muschel keine merkbare Schwächung erlitten haben. Hierbei habe ich auf folgende Weise verfahren. Ein T-Rohr, dessen eine horizontale Schenkel sehr lang, 30 cm., der andere kurz, nur 5 cm. war, wurde mit seinem kurzen Schenkel in den Analsipho eines *Unio*-individuum von 7,3 cm. Schalenlänge eingeführt und so festgekipst, dass der vertikale Schenkel, dessen Länge 5 cm. betrug, mit seiner Mündung bei Seitenlage der Muschel oberhalb der Wasseroberfläche hinaufreichte. Ferner wurde, wie im vorigen Falle, drei Kanülen in die infrabranchiäle Kammer hineingeführt, die Schale fest umgebunden und zugekipst. Unter das lange Glasrohr wurde ein Millimetermassstab gelegt und so eingerichtet, dass das Glasrohr eine ganz horizontale Stellung einnahm. Nachdem die Muschel sich beruhigt hatte, wurde mittels einer Pipette einige Tropfen Karminwasser durch die Mündung des vertikalen Schenkels in das lange Rohr, das jetzt also als Analsipho funktionirte, hineingeführt. Sind die Strömungen im Gange, wird natürlich das Karminwasser mit dem ausfliessenden Wasser fortgerissen. Man kann jetzt die kleinen Karmintheilchen mit einer Präparirlupe beobachten und unschwer ihre Geschwindigkeit bestimmen. Natürlich muss man aber darauf achten, dass immer die Geschwindigkeit des centralen Stromes bestimmt wird. Der Versuch gab bei 10 Bestimmungen und bei einer Wassertemp. von 21,5° C. folgende Werte:

1) 1 cm. auf 0,25 Sek.	6) 1 cm. auf 0,26 Sek.
2) „ „ „ 0,26 „	7) „ „ „ 0,26 „
3) „ „ „ 0,26 „	8) „ „ „ 0,27 „
4) „ „ „ 0,27 „	9) „ „ „ 0,26 „
5) „ „ „ 0,27 „	10) „ „ „ 0,26 „

Also fließt die Ausströmung bei dem in diesem Zustand sich befindenden *Unio*-individuum mit einer mittleren Geschwindigkeit von 0,262 cm. in der Sekunde.

Nachdem dies also festgestellt worden ist, ziehen wir die Glasröhre hinaus, öffnen vorsichtig die Schale und zerstören durch Abschaben die palleale Bewimperung der infrabranchialen Kammer. Nachdem das Thier sich ein wenig nach der Operation erholt hat, bestimmen wir auf die schon erwähnte Weise die Strömungsgeschwindigkeit. Das Protokoll zeigt folgende Werte:

1) 1 cm. in 0,26 Sek.	6) 1 cm. in 0,26 Sek.
2) „ „ „ 0,26 „	7) „ „ „ 0,24 „
3) „ „ „ 0,26 „	8) „ „ „ 0,26 „
4) „ „ „ 0,27 „	9) „ „ „ 0,24 „
5) „ „ „ 0,27 „	10) „ „ „ 0,26 „

Die Ausströmung fließt also in diesem letzten Fall mit einer mittleren Geschwindigkeit von 0,258 cm. in der Sekunde. Da die Differenz zwischen den in diesen beiden Versuchserien gewonnenen Zahlen der mittleren Stromgeschwindigkeit offenbar innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegt, so können wir auch aus diesen Versuchen wie aus dem vorher erwähnten Pendelversuche den Schluss ziehen, dass die Strömungen bei den *Najaden* ohne Mitwirkung der pallealen Bewimperung der infrabranchialen Kammer mit unveränderter Stärke fortgehen können. Da wir bei Versuchen mit *Mytilus* ähnliche Resultate bekommen, so können wir wohl als festgestellt ansehen, dass bei den asiphoniaten Muscheln die palleale Bewimperung der infrabranchialen Kammer keine wahrnehmbare Rolle bei der Erzeugung der Wasserströmungen spielt.

Bei diesen Versuchen war aber die palleale Bewimperung in der suprabranchialen Kammer ganz unbeschädigt und konnte somit ihre Wirksamkeit normal entfalten. Es ist somit nicht ausgeschlossen, dass die Wimpern an demjenigen Theil des Mantels, welcher zusammen mit den Kiemenlamellen die Kiemengänge und die Kloakenkammer bildet, beim Austreiben des hieher eingekommenen Wassers eine Rolle spielen. Diesen Theil des Mantels können wir aber nicht extirpiren ohne die Verwachsung der Kiemenlamellen zu zerstören. Auch ist es nicht möglich diese Wimpern völlig abzuschaben. Im hinteren Theil dieser Kammer, in der s. g. Kloakenkammer, habe ich das Wimperkleid des Daches durch vorsichtige Benetzung mit verdünnter Essigsäure bei einigen *Najaden* zerstört, bei welchen die palleale Bewimperung in der infrabranchialen Kammer vorher abgeschabt war, und die Ausströmung auf die schon erwähnte Weise untersucht. Auch in diesem Falle konnte man aber gar keine Veränderung der Stromstärke feststellen.

Im vorderen Theile der suprabranchialen Kammer, in den s. g. Kiemengängen können wir aber nicht durch ein solches Verfahren die palleale Bewimperung zerstören, denn die Essigsäure kommt auch mit den Kiemen selbst in Berührung und tötet die dort befindlichen Wimpern. Wir müssen daher die vorliegende Frage

durch Untersuchung der Schlagrichtung der hier befindlichen pallealen Wimpern zu entscheiden versuchen. Bei einer Najade nehmen wir zu diesem Zwecke die eine Schalenklappe unter Loslösung des Mantellappens weg, schlagen den Mantellappen rückwärts und schneiden mit einer scharfen Schere die aufsteigende Lamelle des äusseren Kiemenblattes längs ihrer Verwachsung mit dem Mantellappen auf; jetzt ist das Dach des äusseren Kiemenganges, also der obere Theil des Mantellappens blossgelegt. Mittels der Pipette werden einige Tropfen Karminwasser auf das Kiemengangdach geträufelt. Unter dem Präparirmikroskop beobachten wir, wie die Karmintheilchen von den dortigen Wimpern transportirt werden und ersehen somit in welcher Richtung diese schlagen. Es stellt sich hierbei heraus, dass an dem äusseren Theil des Daches die Wimpern schräg nach aussen und hinten, an dem inneren Theil dagegen schräg nach innen und hinten schlagen. In den inneren Kiemengängen schlagen die entsprechenden Wimpern in der Richtung schräg nach innen und hinten. Infolge dieser Schlagrichtung können offenbar diese Wimpern bei einer normalen unbeschädigten *Najade*, bei welcher die suprabranchialen Kammern geschlossen sind, dazu beitragen, das Wasser nach hinten durch den Analsipho zu treiben. Da aber diese Cilien sehr kurz und schwach sind und die Kiemengänge bei der ruhigen Muschel sich ziemlich erweitern, dürfte jedenfalls die Bedeutung dieser Wimpern sehr gering sein. Ohne Zweifel konnte man sie zerstören, ohne dass die Ausströmung eine merkbare Schwächung erleiden würde.

Bei *Mytilus* geht die Schlagrichtung der Wimpern am Dache des äusseren Kiemenganges gerade nach aussen und die der entsprechenden Wimpern des inneren Kiemenganges nach innen. Bei dieser Muschel scheint es somit ziemlich ausgeschlossen, dass diese pallealen Wimpern von irgendeiner Bedeutung für die Erzeugung des Ausstromes sind.

Was die *Siphoniaten* betrifft, so habe ich hinsichtlich der vorliegenden Frage *Mya arenaria* näher untersucht. Auch bei dieser Muschel kann die palleale Bewimperung der infrabranchialen Kammer bei der Erzeugung der Strömungen keine Rolle spielen. Die Wimpern der suprabranchialen Kammern schlagen dagegen ziemlich lebhaft nach hinten und somit dürften sie wahrscheinlich am Austreiben des Wassers betheiligt sein.

Schon CLARK und WILLIAMS haben gegen ALDER in Bezug auf die Bedeutung der Siphonen hervorgehoben, dass keine Bewimperung an der Innenseite des Anal- und Branchialsiphos vorhanden ist. Bei *Mya* ist auch kein zusammenhängendes Wimperkleid an der betreffenden Stelle zu sehen, jedoch habe ich bisweilen vereinzelt sehr kleine Cilien beobachtet. Diese Cilien können aber sicherlich keinen Einfluss auf die Wasserströmungen ausüben. Daher gehen auch die Wasserströmungen bei einem *Mya*-individuum, bei welchem man den grossen Sipho ganz entfernt hat, mit normaler Stärke vor sich, sobald das Thier sich nach der Operation erholt und seine Schale geöffnet hat. Auch können wir durch einen anderen Versuch feststellen, dass die Siphonalwimpern für die Wasserströmungen keine Bedeutung haben

können. Wenn wir bei einer *Mya* die eine Schale entfernen und den einen Mantelappen wegschneiden, so dass die Kiemen völlig entblösst werden, und danach das Thier in Ruhe lassen, so streckt es nach einer Zeit, einer oder mehreren Stunden, seinen langen Siphon aus. Untersuchen wir jetzt die durch den Siphon gehenden Wasserströmungen, so finden wir, dass durch die Analsiphonöffnung allerdings eine lebhaftere Ausströmung, wie bei einem normalen Individuum, stattfindet, durch die Branchialöffnung ist dagegen gar keine Einströmung zu beobachten. Schneiden wir jetzt an beiden Seiten jeder Kieme den oberen Theil der aufsteigenden Lamelle weg, so dass die Kiemengänge ganz offen stehen, so kann zwar nach einer Zeit das Thier, wie vorher, seinen Siphon ausstrecken und öffnen, aber dann ist auch die Ausströmung durch den Analsiphon sistirt. Aus diesen Befunden geht also hervor, dass die lebhaftere Aus- und Einströmung bei *Mya arenaria* und wohl auch bei anderen siphoniaten Muscheln ohne Mitwirkung siphonaler Wimpern stattfindet.

Fassen wir das Resultat der jetzt referirten Untersuchungen über die Bedeutung der pallealen Bewimperung für das Zustandekommen der Wasserströmungen kürzlich zusammen, so können wir also sagen: die palleale Bewimperung der infrabranchialen Kammer hat keine Bedeutung für die Erzeugung der Einströmung. Während die Wimpern der suprabranchialen Kammer bei einigen Muscheln (den *Najaden*, *Mya*) vielleicht an der Ausströmung ein wenig betheilig sein können, wirken sie bei anderen (*Mytilus*) zum grössten Theil wenigstens gar nicht hierzu mit. Bei *Mya* und wohl auch bei anderen *Siphoniaten* spielen die Anal- und Branchialsiphonen für die Erzeugung der Aus- und Einströmung keine Rolle. Aus diesem allen ist also ersichtlich, dass wir die wasserstromerregenden Ursachen hauptsächlich oder so gut wie allein in den Kiemen zu suchen haben.

•

Nachdem wir also dies festgestellt haben, nehmen wir die andere Frage zur Untersuchung auf, die nämlich, wie die Kiemen die Wasserströmungen hervorbringen. In Bezug auf diese Frage können wir zunächst an zwei Möglichkeiten denken, entweder sind die Wasserströmungen eine Folge der Schlagbewegungen der an den Kiemen vorhandenen Wimpern allein oder es wirken hierbei auch Kontraktionen in den Kiemen mit. Die letzte Möglichkeit ist nämlich nicht ohne weiteres abzuweisen. Es wurde schon erwähnt, dass MILNE EDWARDS rhythmische Bewegungen der Kiemenfilamente bei *Mytilus* beobachtet hat und dass er diese als eine mitwirkende Ursache zur Herstellung der Wasserströmungen deutete. Ferner liegen hinsichtlich der *Protobranchien* Beobachtungen vor, nach welchen die Kiemen

rhythmisch bewegt werden sollen. Nach DREW ¹⁾ werden bei diesen Muscheln die Kiemen nach unten in die infrabranchiäle Kammer gedrückt, gleichzeitig hiermit strömt das Wasser zwischen die Kiemenblätter in die suprabranchiäle Kammer hinauf. Darauf treten kräftige Kontraktionen in der Membran ein, mit welcher die Kiemen am Körper befestigt sind, und diese werden nach oben gezogen. Da hierdurch die suprabranchiäle Kammer verengert wird, so wird das Wasser durch den Analsipho hinausgepresst. Blicken wir ferner auf die schon beschriebenen Stromkurven, finden wir, dass sie immer eine mehr oder weniger regelmässige Rhythmizität zeigen.

Wirken bei der Erzeugung der aus- und eingehenden Strömungen irgend-eine Kiemenbewegungen mit?

Bevor wir aber die Bewegungen der Kiemen näher ins Auge fassen, scheint es mir am zweckmässigsten zuerst ihren Bau mit einigen Worten zu erwähnen, um einige für die Beurtheilung der Strömungserscheinungen wichtigen Verhältnisse hervorzuheben.

Jedem ist bekannt, dass bei den betreffenden Muscheln das an jeder Seite des Körpers vorhandene Ctenidium sich beinahe vom vorderen bis zum hinteren Körperende streckt und mit seiner Achse im Winkel zwischen dem Körper und den Mantellappen befestigt ist. Ferner unterscheidet man bekanntlich an jedem Kiemenblatt eine ab- und eine aufsteigende Lamelle, welche zwischen sich einen engen Raum fassen, die interlamellare Kammer. Die Kiemenlamellen bestehen bekanntlich aus mit einander mehr oder weniger fest verbundenen Filamenten. Bei *Mytilus* hauptsächlich durch Haftwimperbürsten verhältnismässig locker zusammengehalten, sind sie bei den *Najaden* und bei *Mya* mittels Substanzbrücken oder interfilamentäre Verbindungen mit einander verwachsen. Zwischen den Filamenten befinden sich die interfilamentären Öffnungen, durch welche die infrabranchiäle Mantelkammer mit dem interlamellaren Raum kommuniziert. Diese interfilamentären Öffnungen sind bei *Mytilus* lang spaltförmig und strecken sich zwischen zwei Filamenten von oben bis unten, nur hie und da durch die kleinen Haftwimperbürsten unterbrochen. Bei den *Najaden* und *Mya* sind aber diese Öffnungen infolge der stark entwickelten interfilamentären Verbindungsbrücken bedeutend kleiner.

Die Verbindung der beiden zu demselben Kiemenblatt hörenden Lamellen ist auch bei den uns interessirenden Muscheln nicht einartig. Bei *Mytilus* sind die interlamellären Verbindungen mehr fadenähnlich und sitzen mehr oder weniger von einander entfernt. Daher ist auch hier der interlamellare Raum fast ganz ununterbrochen. Bei den anderen Muscheln sind diese Verbindungen membranartig und theilen den interlamellaren Raum seiner Länge nach in eine Anzahl

¹⁾ Some Observations on the Habits, Anatomy and Embryology of Members of the Protobranchia: Anatom. Anz., Bd. 15, 1899. — The Anatomy, Habits and Embryology of *Yoldia* etc.; Memoirs fr. the Biolog. Laborat. of the Johns Hopkins Univ., IV, 1900.

hintereinander liegender kleinerer Abtheilungen ab, der sogenannten interlamellaren Fächer. Bei sämtlichen Muscheln sind aber am oberen Theil der auf- und absteigenden Lamellen keine interlamellaren Verbindungen vorhanden. Hier entsteht somit in jedem Kiemenblatt ein einheitlicher Raum, dessen Wände die Kiemenlamelle und dessen Dach der obere Theil der Mantellappen und hintere Theil des Körpers bilden. Es ist die suprabranchiale Kammer.

Da die Kiemenachse, wie erwähnt, mit dem oberen Theil des Mantels immer mehr oder weniger verwachsen ist, so wird die suprabranchiale Kammer an jeder Seite immer in zwei Räume getheilt, die sogenannten Kiemengänge. Da aber dicke Verwachsung sich nicht bis zum Hinterende der Kiemen streckt, sondern immer mehr oder weniger hinter der Körpermitte endét, so bildet der hintere Theil der suprabranchialen Kammer einen gemeinsamen Raum, die sogenannte Anal- oder Kloakenkammer, in welche die beiden Kiemengänge jeder Kieme einmünden. Bei *Mya* ist die Verwachsung der Kiemenachse mit den Mantellappen sehr kurz und erstreckt sich nur ungefähr bis an die Mitte des Körpers. Infolgedessen werden die Kiemengänge auch sehr kurz, während die Kloakenkammer gross und weit ist. Bei *Mytilus* dagegen ist die Kiemenachse bis zur Mitte des hinteren Schliessmuskels mit den Mantellappen verwachsen und somit die Kiemengänge länger und die Kloakenkammer kürzer. Diese Verhältnisse sind bei den *Najaden* noch mehr ausgeprägt. Hier ist nämlich die Kiemenachse beinahe ihrer ganzen Länge nach mit den Mantellappen verwachsen, nur in ihrem hinteren Theil auf einem ziemlich kurzen Stückchen unter dem hinteren Schliessmuskel frei. Bei diesen Muscheln sind somit die Kiemengänge verhältnismässig lang und die Kloakenkammer kurz. Die hintere Spitze der Kiemenachse ist bei *Mya* und *Mytilus* an die Verwachsungsstelle der beiden Mantellappen befestigt.

Das Verhalten des oberen Randes der aufsteigenden Lamellen ist bei den verschiedenen Muscheln ziemlich verschieden. Bei *Mytilus* sind die Kiemenfilamente, die, wie erwähnt, ziemlich locker mit einander verbunden sind, am oberen Rande der aufsteigenden Lamellen innig mit einander verwachsen und es entsteht infolgedessen hier ein Saum, der obere Randsaum. Dieser Randsaum der beiden aufsteigenden Lamellen an jedem Ctenidium ist zum grössten Theil frei, nur am Vorderende auf einer ganz kurzen Strecke mit dem Mantellappen verwachsen. Am Hinterende ist der Randsaum der äusseren Kiemenblätter an der Kiemenachse und der der beiden inneren Kiemenblätter mit der von der dorsalen Seite der Subanal-siphomembran vertikal ausgehenden Falte verwachsen. Durch die Verwachsung zwischen den beidenseitigen Mantellappen, den Kiemenachsen und Kiemenlamellen wird also der Analsipho nach unten verschlossen und die suprabranchiale Kammer hier von der infrabranchialen abgetrennt. Da aber die Ränder der aufsteigenden Lamellen grösstentheils frei sind, können jedoch diese beiden Kammern an jeder Seite des Ctenidiums durch die dortigen langen spaltförmigen Öffnungen unmittelbar mit einander kommunizieren.

Bei den *Najaden* und bei *Mya* ist die aufsteigende Lamelle des äusseren Kiemenblattes bekanntlich mittels ihres oberen Randes ihrer ganzen Länge nach, die des inneren Kiemenblattes dagegen nur im vorderen Theil mit den Mantellappen verwachsen. Etwa von der Mitte des Körpers bis unmittelbar hinter dem Hinterrand des herunterhängenden Körpertheiles ist nämlich der obere Rand der aufsteigenden Lamelle des inneren Kiemenblattes ganz frei. Hinter dem Körper dagegen sind diese Lamellen der beidseitigen inneren Kiemenblätter mit einander innig verschmolzen. Infolge dieser Verhältnisse wird bei diesen Muscheln die suprabranchiale Kammer zum grössten Theil geschlossen, indem sie nur durch die an jeder Seite des Körpers zwischen den Mantellappen und dem Randsaume der aufsteigenden Lamellen jedes inneren Kiemenblattes befindliche verhältnismässig kurze Spalte mit der infrabranchialen Kammer kommunizieren kann.

Wie gesagt, stehen infolge der oben erwähnten Verhältnisse bei *Mytilus* die beiden Kiemengänge an jeder Seite und bei den *Najaden* und *Mya* der innere Kiemengang mit der umgebenden Mantelhöhle in offener Kommunikation. Bei der ruhig liegenden Muschel, bei welcher die Strömungen im Gange sind, sind aber diese Öffnungen völlig zugeschlossen. Bei *Mytilus* wird nämlich der Randsaum an der aufsteigenden Lamelle des äusseren Kiemenblattes gegen den oberen Theil des Mantels, wo eine kleine leistenförmige Erhöhung läuft, gepresst. Die oberen freien Ränder der aufsteigenden Lamellen der beidseitigen inneren Kiemenblätter werden im vorderen Theil gegen die Körperseiten und hinter dem frei herunterhängenden Körpertheil gegen einander gedrückt und somit wird auch bei dieser Muschel die suprabranchiale Kammer völlig zugeschlossen. Bei den *Najaden* und bei *Mya* wird die spaltförmige kurze Öffnung des inneren Kiemenganges auf ähnliche Weise gesperrt, indem hier der freie Rand gegen die Körperseite gepresst wird. Dass das Zuschliessen dieser Öffnungen eine nothwendige Voraussetzung für den Fortgang der Wasserströmungen bildet, liegt auf der Hand. Daher kommen keine Wasserströmungen mehr zum Vorschein, wenn z. B. bei *Mytilus* ein Stückchen aus dem oberen freien Theil der aufsteigenden Lamelle der beidseitigen äusseren Kiemenblätter weggeschnitten wird, obgleich das Thier nach der Operation seine Anal- und Branchialöffnungen aufsperrt.

Es bleibt hinsichtlich der Kiemen noch eine Frage übrig, die wir kürzlich berühren müssen, die Frage nämlich, wie die Kiemenblätter bei der ruhig liegenden Muschel gehalten werden. Hinsichtlich dieser Frage, die für die Beurtheilung der in der infrabranchialen Kammer obwaltenden Strömungsverhältnisse offenbar nicht unwichtig ist, habe ich in der Literatur keine näheren Angaben gefunden. Für diesbezügliche Untersuchungen ist natürlich *Mytilus* das beste Objekt, da ja diese Muschel ihre Schale oft so weit öffnet, dass man ohne Schwierigkeit in die Mantelhöhle hineinblicken und sich über die Stellung der Kiemenblätter ohne weiteres orientiren kann. Bei *Mytilus* nehmen die Kiemenblätter, wenn das Thier sich im Ruhezustand befindet, immer eine bestimmte Stellung ein. Die beiden inneren Kiemenblätter sind hinter dem zungenähnlichen Fuss mit ihrem unteren Theil

nach innen gebogen, und zwar oft so, dass sie mit ihren freien unteren Rändern sich berühren. Es bildet sich somit zwischen diesen Kiemenblättern ein von der übrigen infrabranchialen Mantelkammer mehr oder weniger abgetrennter Raum, der mediane Mantelraum. Am hinteren Ende weichen jedoch diese Kiemenblätter immer auseinander und hier entsteht somit eine spaltförmige Öffnung, die jedoch oft mehr oder weniger vollständig von der Subanalsiphomembran zugedeckt wird. In ihrem vorderen Theil werden diese Kiemenblätter dicht an den Körperseiten gehalten, so dass hier auch an jeder Seite nur eine enge Spalte in den medianen Mantelraum hineinführt. Die äusseren Kiemenblätter stehen immer gegen die Seiten gerichtet, biegen sich aber in ihrem unteren Theil doch ein wenig nach innen. Zwischen den zu demselben Ctenidium gehörenden Blättern ist also ein ganz offener verhältnismässig weiter Raum, der mediolaterale Mantelraum vorhanden. Der von den äusseren Kiemenblättern und den Mantellappen umfasste Raum, der laterale Mantelraum, ist dagegen ziemlich eng und spaltförmig. Nach vorn werden bekanntlich die beiden Kiemenblätter jedes Ctenidiums von den derselben Seite zuhörenden Mundlappen umfasst.

Auch bei den *Najaden* und bei *Mya* werden in ungereiztem Zustand die Kiemenblätter auf dieselbe Weise gehalten. Hier ist aber natürlich die hintere spaltförmige Öffnung zum medianen Mantelraume offen, da ja keine Subanalsiphomembran vorhanden ist.

Nach dem wir somit die für die vorliegende Untersuchung wichtigen Bauverhältnisse der Kiemen kürzlich besprochen haben und die Stellung der Kiemenblätter bei den ruhig liegenden Muscheln kennen gelernt, können wir die aufgestellte Frage, ob Kiemenbewegungen bei der Erzeugung der Wasserströmungen eine Rolle spielen, zur näheren Prüfung aufnehmen.

Dass die Kiemen bei diesen Muscheln nicht, wie DREW für den Protobranchien angiebt, rhythmisch nach unten gedrückt und darauf nach oben gezogen werden, davon können wir uns unschwer überzeugen. Wenn wir nämlich bei einer ruhig liegenden *Najade* oder bei *Mytilus* mittels einer Präparirlupe durch die offenstehende Einstromungsöffnung in die Mantelhöhle hineinblicken, so finden wir gleich, dass die Kiemen nicht auf eine solche Weise bewegt werden. Schon ALDER (1854) hob auch hervor, dass die Strömungen nicht durch Verengerung und Erweiterung der Mantelkammer verursacht werden. Aber ganz still werden gewöhnlich die Kiemenblätter jedoch nicht gehalten. Zwar verbleiben sie im grossen und ganzen in der oben beschriebenen Stellung, aber kleine Bewegungen treten jedoch unaufhörlich oder wenigstens sehr oft ein.

Bei *Mytilus* können wir unter der Präparirlupe an einem Individuum, das seine Schale geöffnet hat und in Rückenlage liegt, ohne Schwierigkeit beobachten, wie die Kiemenblätter in einer schwachen pendelnden Bewegung begriffen sind. Die gegen einander gebogenen inneren Kiemenblätter richten sich ein wenig auf und werden langsam ein Stückchen nach aussen gegen die äusseren Kiemenblätter geführt, diese werden gleichzeitig langsam nach innen bewegt. Die Gegeneinander-

bewegung der beiden zu demselben Ctenidium hörenden Kiemenblätter hört aber bald, bevor sie sich getroffen haben, auf und danach rücken sie wieder auseinander und nehmen die ursprüngliche Stellung ein. Diese pendelnde Bewegung ist gewöhnlich ziemlich unbedeutend und hinsichtlich ihrer Frequenz sehr variierend. Bisweilen habe ich an den inneren Kiemenblättern 30 bis 40, oft nur 12 bis 15 Bewegungen in jeder Richtung in der Minute beobachtet. Oft ist es mir vorgekommen, als ob diese Bewegungen der Kiemenblätter schneller und mit grösseren Amplituden ausgeführt würden bei solchen Individuen, welche eine Zeit lang in schlechtem Wasser mit zusammengeklappten Schalen gelegen haben und danach in frisches Wasser überführt wurden, eine Beobachtung, die mit der Angabe DREW'S hinsichtlich der rhythmischen Bewegungen der Kiemen bei den Protobranchien übereinstimmt.

Bei den *Najaden* können wir durch die Branchialöffnung, wenn sie weit aufgesperrt ist, eine ähnliche pendelnde Bewegung beobachten. Auch bei diesen Muscheln sind diese Bewegungen sowohl hinsichtlich ihrer Frequenz wie der Grösse ihrer Amplituden sehr variierend. Bei *Mya* ist es natürlich unmöglich in Bezug auf diese Frage etwas auszusagen.

Diese jetzt beschriebenen Bewegungen sind offenbar durch Kontraktionen der in den Kiemen vorhandenen Muskelfasern bedingt, können aber schwerlich als mitwirkende Ursache zur Erzeugung der Wasserströme angesehen werden.

Auch eine andere Bewegung der Kiemen können wir bei den Muscheln beobachten. Ob diese aber auch bei einem völlig unbeschädigten und in Ruhezustand sich befindenden Thier eintritt, kann ich nicht sagen. Es scheint mir jedenfalls sehr wahrscheinlich, dass dies nicht der Fall ist. Wenn wir z. B. bei einem *Unio*-individuum die eine Schalenklappe wegnehmen, den Mantellappen rückwärts schlagen oder wegschneiden und das Thier in eine mit frischem Wasser gefüllte Glasschale überführen und in Ruhe lassen, so dauert es gewöhnlich nicht lange, bevor die Ausströmung durch den Analsipho in vollem Gange ist. Beobachtet man jetzt das blossgelegte Kiemenblatt unter dem Präparirmikroskop, so findet man, dass es dann und wann, aber sehr unregelmässig jede 1, 2, 3 u. s. w. Minute ein grösseres oder kleineres Stückchen nach vorn gezogen wird, um dann langsam wieder in seine Ausgangslage zurückzukehren. Sind diese Bewegungen kräftig, so werden die Kiemenblätter mehr oder weniger gefaltet. Ähnliche Bewegungen können wir auch bei den übrigen von mir untersuchten Muscheln beobachten. Dass diese Muskelkontraktionen in den Kiemen die Wasserströmungen beeinflussen können, leuchtet so fort ein, wenn wir berücksichtigen, dass hierbei die Weite der interfilamentären Spalten und die der suprabranchialen Kammer verändert werden, dass sie aber nicht als eine stromerregende Ursache aufgefasst werden können, geht aus dem Umstand hervor, dass sie sehr unregelmässig auftreten, während dagegen die Strömungen ununterbrochen fliessen. Allerdings zeigt auch die Stromkurve (Fig. 1 Taf. I) bei einer ganz ruhigen Najade

immer kleine Schwankungen, aber sie sind sehr regelmässig. Die Ursache dieser Schwankungen wird im folgenden näher erläutert werden.

Die jetzt beschriebenen Bewegungen sind wie erwähnt, offenbar durch Muskelkontraktionen in den Kiemen verursacht. Wir kommen jetzt zu Bewegungen, die besonders bei den *Najaden* sehr regelmässig zu sehen sind, aber nicht von Muskelkontraktionen in den Kiemen bedingt werden. Wenn wir bei dem schon erwähnten an der einen Seite entschlachten *Unio*-individuum dies blossgelegte Kiemenblatt unter dem Mikroskop bei mittelstarker Vergrösserung beobachten, so sehen wir, dass das Kiemenblatt in einer regelmässigen, aber sehr unbedeutenden Bewegung begriffen ist. Es wird nämlich ein kleines Stückchen nach unten d. i. ventralwärts geführt, um gleich wieder nach oben in seine ursprüngliche Lage zurückzugehen. Diese in dorsoventraler Richtung fortgehenden Bewegungen treten bei einer Wassertemperatur von + 20° C. etwa 10 bis 12 Mal in der Minute ein. Bei einem niedrigeren Wassergrade ist ihre Frequenz kleiner, aber doch immer regelmässig. Zwar liegt es sehr nahe, an rhythmische dorsoventral verlaufende Muskelkontraktionen in den Kiemen zu denken, aber, wie gesagt, sind diese Bewegungen von ganz anderen Verhältnissen bedingt. Zuerst fällt es in die Augen, dass diese Kiemenbewegungen hinsichtlich ihrer Zahl mit den Herzbewegungen ganz übereinstimmen. Durch einen einfachen Versuch können wir auch ihre Abhängigkeit von diesen unschwer feststellen.

Bei dem nämlichen *Unio*-individuum wird das Herz blossgelegt, zwei feine Fäden unter die Herzkammer hineingelegt, der eine unter den vorderen und der andere unter den hinteren Theil, und mittels dieser Fäden die Herzkammer so aufgebunden, dass sie auch in diastolischem Zustand die unterliegenden Theile nicht berührt. Jetzt finden wir, dass diese Kiemenbewegungen ganz aufgehört haben. Wenn wir die verschiedenen Zustände der Herzkammer mit den Bewegungen der Kiemen vergleichen, so ist es leicht zu sehen, dass gleichzeitig mit der Diastole die Kiemen nach unten gedrückt werden, und wenn die Herzkammer in Systole übergeht, rücken die Kiemen wieder nach oben. Somit ist ersichtlich, dass diese Bewegungen der Kiemen ganz einfach eine Folge der Herzbewegungen sind.

Jetzt wollen wir die von SABATIER bei *Mytilus* beobachteten rhythmischen Bewegungen der Kiemenfilamente und ihre angenommene Bedeutung für die Erzeugung der Wasserströmungen näher ins Auge fassen.

Wie SABATIER empfiehlt, ist es am besten an einem ganz frischen *Mytilus* aus dem oberen freien Theil der aufsteigenden Lamelle des äusseren Kiemenblattes ein Stückchen auszuschneiden, so dass der obere Randsaum mit dem ausgeschnittenen Stückchen entfernt wird. Letzteres wird mit seiner Innenseite nach oben in Seewasser ohne Deckglas auf einen Objektträger gebracht und bei mittlerer Vergrösserung unter dem Mikroskop untersucht. Ohne Schwierigkeit sehen wir gleich, wie die Kiemenfilamente sich in einer rhythmischen und sehr regelmässigen Bewegung befinden. Ferner ist es, wenn wir ein bestimmtes Filament beobachten, unschwer

festzustellen, dass diese Bewegungen von vorn nach hinten ziemlich unbedeutend sind. Das Filament wird nämlich nur etwa 2,5 μ . in jeder Richtung verschoben. Nachdem es seine vordere Lage mit einem Ruck erreicht hat, bleibt es hier für einen Augenblick still stehend, geht danach schnell in seine hintere Lage zurück, um unmittelbar dasselbe Spiel wieder anzufangen. An einem Kiemenlamellenstück von einem *Mytilus*-individuum, dessen Schalenlänge 4,7 cm betrug, zählte ich bei einer Wassertemperatur von + 23° C. 59 bis 60 Bewegungen in jeder Richtung in der Minute (SABATIER giebt etwa 70 an). Auf diese Weise pendelt also jedes Filament von vorn nach hinten und umgekehrt und somit zeigt ein Stückchen lebendiger Kiemenlamelle ein sehr eigenthümliches und schönes Spiel.

Aus der von SABATIER gegebenen Darstellung geht hervor, dass er diese Bewegungen der Filamente nicht ganz richtig aufgefasst hat. Es scheint mir daher nöthig sie hier etwas eingehender zu beschreiben. Wenn man diese Bewegungen näher untersucht, so stellt es sich zuerst heraus, dass nicht alle Filamente sich gleichzeitig in derselben Richtung bewegen. In der Fig. 6 Taf. I ist eine Reihe Filamente und die Stellung, welche sie zu einander gleichzeitig einnehmen, wiedergegeben. Die beiden Filamente 2 und 3 nähern sich gleichzeitig einander und damit wird offenbar die interfilamentäre Spalte II etwas verengert. Gleichzeitig hiermit entfernen sich aber die Filamente 1 und 2 von einander. Die Spalte I wird infolge dessen ein wenig erweitert. Auf dieselbe Weise rücken die Filamente 3 und 4 ein Stückchen aus einander, indem 3 gegen 2 gezogen wird und 4 sich dem Filamente 5 nähert. Die Spalte III wird erweitert, während dem die Spalte IV verengert wird. In dem nächsten Augenblick ist aber die gegenseitige Stellung dieser Filamente ganz entgegengesetzt: 1 und 2, 3 und 4 sind einander genähert und somit die Spalten I und III verengert, während die Filamente 2 und 3, 4 und 5 sich von einander entfernt haben und die Spalten II und IV erweitert worden sind. Auf diese Weise gehen die Bewegungen der Filamente der ganzen Kiemenlamelle entlang vor sich.

SABATIER beschreibt aber diese Bewegungen der Filamente, als ob die sämtlichen interfilamentären Spalten gleichzeitig verengert und danach erweitert würden. Dies ist aber, wie aus der oben gegebenen Darstellung hervorgeht, nicht der Fall. Durch die Bewegungen der Filamente wird nämlich nur je zweite Spalte verengert, die übrigen aber gleichzeitig erweitert und, wenn diese sich verengern, werden jene erweitert u. s. w.

Dass diese rhythmische Bewegung der Filamente von der Wirksamkeit der an den Filamentenseiten sitzenden Haftwimperbürsten hervorgerufen wird, hat schon SABATIER hervorgehoben, und dies geht auch aus einem einfachen Experiment hervor. Bekanntlich sind bei *Mytilus* die Kiemenfilamente mit einander hauptsächlich durch die an warzenförmigen Erhöhungen sitzenden Haftwimperbürsten¹⁾ ver-

¹⁾ Diese Bildungen sind mit verschiedenen Namen bezeichnet worden: Wimperscheiben, Flimmerbürsten u. s. w. In Übereinstimmung mit GROBBEN nenne ich sie Haftwimperbürsten und die Erhöhungen, an welchen sie sitzen, Basalscheiben.

bunden. Nur durch den oberen Randsaum und an der Kiemenachse sind sie, wie erwähnt, mehr innig mit einander verwachsen. Wenn aber an dem untersuchten Stückchen der aufsteigenden Lamelle des äusseren Kiemenblattes der obere Randsaum weggeschnitten wird, so sind diese Filamente also nur mittels der Haftwimperbürsten mit einander verbunden. Die Bewegung der Filamente geht aber trotzdem ungestört fort. Da ferner, wie im folgenden näher geschildert wird, keine Kontraktionen in den Basalscheiben zu sehen sind, so muss die Ursache dieser Bewegungen in der Wirksamkeit der Haftwimpern selbst allein zu suchen sein. Daher müssen wir diese Bildungen ein wenig näher ins Auge fassen.

Schon SHARPEY ¹⁾ hat diese Bildungen bei *Mytilus edulis* beobachtet, zuerst sind sie aber von SABATIER und bei anderen Muscheln von GROBBEN ²⁾ u. a. Verff. mehr eingehend untersucht worden. An der Vorder- und Hinterseite jedes Filamentes sind bekanntlich eine Reihe kleiner Erhöhungen, die Basalscheiben, vorhanden, welche in etwas verschiedener Entfernung von einander und ein wenig näher dem inneren Rand des Filamentes sitzen. An der Oberfläche dieser Scheiben sind die Haftwimpern befestigt und bilden eine dichte Bürste. Die Haftwimpern sind verhältnismässig dick und gegen die Spitze nicht merkbar verjüngert. Bei einem Individuum von 4,7 cm. Schalenlänge massen sie etwa 10 μ in der Länge. Hinsichtlich ihrer Form sind die Basalscheiben gewöhnlich mehr oder wenig langgestreckt, mit ihrer Längsachse quer am Filamente sitzend, seltener sind sie rund. Bei dem betreffenden Individuum waren sie etwa 25,2 μ breit und 54,6 μ lang. Ihre Höhe betrug 5,88—8,4 μ . Die Haftwimperbürste an der Hinterseite eines vorderen Filamentes liegt immer gerade gegenüber einer ähnlichen an der Vorderseite des nachfolgenden Filamentes und die Wimpern der beiden Bürsten greifen zwischen einander ein. Auf diese Weise sind bekanntlich die Filamente ohne interfilamentäre Brücken ziemlich fest mit einander vereinigt.

Wenn man einige Filamente vorsichtig losmacht und die Haftwimperbürsten bei stärkerer Vergrösserung von oben betrachtet, so sieht man, wie schon SHARPEY ³⁾ beobachtete, SABATIER ³⁾ und GROBBEN ³⁾ aber näher beschrieben haben, dass die Wimpern in einer unaufhörlichen aber verhältnismässig langsamen Bewegung begriffen sind. Die Schlagbewegungen gehen centrifugal und centripetal. SABATIER vergleicht auch diese Bildungen mit einer mit fadenähnlichen Blättern versehenen Blume, die sich unaufhörlich öffnet und schliesst. Die Bewegungen dieser Wimpern sind aber gewöhnlich nicht eigentlich gegen das Centrum gerichtet. An den mehr langgestreckten Basalscheiben schlagen sie von einer durch die Mitte, parallel zur Längsachse gehenden Linie, an den mehr runden Scheiben von einem Punkt ein Stückchen innerhalb der Mitte nach allen Seiten aus.

¹⁾ l. c. p. 622.

²⁾ Zur Kenntnis der Morphologie u. Anatomie von *Meleagrina* etc. Denkschrift. der Kaiserl. Akad. der Wiss., Mat. Nat. Cl., Bd 69. 1901, p. 487—496.

³⁾ l. c.

Wie bemerkt, ist die Schlagbewegung der Haftwimpern im Vergleich mit der der gewöhnlichen Wimpern ziemlich langsam. Wenn man aber unmittelbar nach dem Herauslösen der Bürsten die Wirksamkeit dieser Wimpern beobachtet, findet man, dass sie dann verhältnismässig schnell schlagen, etwa 120—150 Mal in der Minute. Nach einer Zeit, wenn sie in Ruhe gelassen werden, werden indessen ihre Bewegungen ein wenig verlangsamt und betragen, wie SABATIER angegeben hat, etwa 80—70 Schlag in der Minute. Untersuchen wir näher die Art und Weise, auf welche die Schlagbewegung sich vollzieht, so stellt es sich heraus, dass der effektive oder jedenfalls der schnellste Schlag in centrifugaler Richtung geht und dass die Stellung nach innen dem Erschlaffungsstate der Wimpern entspricht. Die Kontraktion der Wimpern fängt an der Mittellinie bei den langgestreckten, an einer Stelle innerhalb der Mitte bei den runden Basalscheiben an und schreitet radiärwärts nach aussen, so dass die centralgelegenen Wimpern schon ihre progressive Phase beinahe durchlaufen haben, wenn die Kontraktionswelle die peripheren Wimpern erreicht hat und wenn diese erschlaffen, fangen jene wieder an sich zu kontrahieren. Die Amplituden, in welchen diese Wimpern sich bewegen, sind aber nicht so gross, wie bei gewöhnlicher Wimperbewegung. Da die Haftwimpern sehr dicht sitzen und da die centralen Wimpern gleichzeitig centralwärts schlagen, so können sie sich offenbar nicht weit in dieser Richtung bewegen, bevor sie sich begegnen und nicht weiter kommen können. Nach aussen biegen sie sich aber mehr, was besonders an den periphersitzenden Wimpern zu beobachten ist.

Wie verhalten sich nun die Wimpern in den mit einander verbundenen Bürsten? Wie wir gefunden haben müssen die pendelnden Bewegungen der Filamente auf die Wirksamkeit der Haftwimperbürsten zurückgeführt werden und daher müssen wir auch voraussetzen, dass sie sich auf irgend eine Weise bewegen. SABATIER beschreibt auch eingehend die Veränderungen, Verkürzungen und Verlängerungen, die man an zwei vereinigten Bürsten beobachten kann und erklärt auch diese durch die Bewegungen der Haftwimpern. Wenn diese sich nach aussen biegen, wird »la plaque hyaline« kürzer und breiter, wenn sie sich nach innen bewegen, wird diese aber länger und schmaler. GROBBEN¹⁾ giebt dagegen an, dass so lange die Haftwimpern in Verbindung mit einander stehen, an denselben keine Flimmerbewegung zu beobachten ist.

Wenn man diese Bildungen an einem frisch ausgeschnittenen Kiemenlamellenstückchen beobachtet, wo die Filamente in normaler Verbindung mit einander stehen, so ist unschwer zu sehen, dass wirklich eine Bewegung der Wimpern in den Haftwimperbürsten stattfindet. Ich kann somit die Angabe SABATIER's völlig bestätigen. Die Haftwimperbürsten verkürzen und verlängern sich also rhythmisch und sehr regelmässig in der Richtung von einem Filamente zum anderen, und diese Bewegungen fallen zeitlich genau zusammen mit dem schon beschriebenen Aneinander- und Auseinanderrücken zweier angrenzender Filamente. Bei der Verkürzung werden

¹⁾ l. c. p. 494.

die Seiten der Bürsten stark nach aussen gebogen (Fig. 6 Taf. I), während sie bei der Verlängerung gerade oder sogar ein wenig nach innen gebogen werden. Diese Formveränderungen der Bürsten erklären sich auch ohne Schwierigkeit aus den schon beschriebenen Bewegungen der herausgelösten Haftwimpern. Auch hier kann ich im grossen und ganzen der Erklärung SABATIER's beistimmen. Da die Länge zwei mit einander in Verbindung stehender Wimperbürsten genau mit der Länge der herausgelösten Wimpern übereinstimmt, so ist es ohne weiteres klar, dass die Wimpern der beiden Bürsten so tief zwischen einander greifen, dass sie mit ihren Spitzen die Basalscheiben selbst berühren, dass die Bürsten also in ihrer ganzen Länge zwischen einander hineingestochen sind. Unter solchen Umständen, da der Raum, innerhalb welches die Wimpern sich nach innen bewegen können, schon in herausgelöstem Zustand der Bürsten ziemlich klein ist und jetzt noch von den Wimpern der anderen Bürste eingenommen wird, dürfte es klar sein, dass sie sich nicht viel nach innen biegen können, sondern in der Ruhelage ziemlich aufrecht und gerade gehalten werden müssen. Dies findet man auch bei Beobachtung einer Wimperbürste in verlängertem Zustand. Nach aussen können sie sich dagegen mehr unbehindert bewegen. Wir sehen auch, wie die Kontraktionswelle innerhalb der mit einander verbundenen Bürsten von der Mitte aus sich nach aussen verbreitet und wie die periphersitzenden Wimpern zuletzt sich stark nach aussen biegen. Dann haben die Bürsten ihre grösste Verkürzung erreicht und ihre Seiten erscheinen stark konvex. Ferner finden wir, dass die Kontraktionswellen innerhalb zwei mit einander verbundener Bürsten vollkommen gleichzeitig verlaufen, und dass eine ähnliche Synchronie bei sämtlichen zwei Filamente zusammenhaltenden Bürsten obwaltet, indem alle zu derselben Zeit sich verlängern oder verkürzen. Die Bewegungen der an den verschiedenen Seiten eines Filamentes vorhandenen Bürsten sind dagegen metachronisch, in dem Sinne nämlich, dass wenn die Wimpern der an der Vorderseite befindlichen Bürsten sich kontrahieren, die der an der Hinterseite vorhandenen erschlaffen. Infolge dieser Verhältnisse sind es also zwei Momente, welche zusammenwirken, um die Bewegungen der Filamente hervorzurufen. Zu derselben Zeit also, wo die die beiden Filamente 2 und 3 (Fig 6, Taf. I) verbindenden Haftwimperbürsten sich verkürzen (da die dortigen Wimpern sich kontrahieren), verlängern sich die die Filamente 1 und 2, 3 und 4 zusammenhaltenden Bürsten (da die dortigen Wimpern erschlaffen). Hierbei streben offenbar sowohl die sich kontrahierenden Bürsten in der interfilamentären Spalte II, als die in den Expansionszustand tretenden Bürsten in der Spalte I das Filament 2 in derselben Richtung, d. i. gegen das Filament 3 zu bewegen. Dass beide diese Momente wirklich bei der Bewegung der Filamente mitwirken, geht aus dem Umstand hervor, dass an einem ausgeschnittenen Kiemenlamellstückchen auch das äusserste (In Fig 6, Taf. I, das Filament 1) am Ende befindliche Filament sich normal bewegt. Seine Bewegung gegen das am nächsten liegende Filament wird hier offenbar nur durch die Kontraktion und seine Entfernung davon nur durch die Expansion der zwischen beiden liegenden Wimperbürsten bewerkstelligt. Aus dem gesagten geht somit

hervor, dass auch in den mit einander verbundenen Bürsten die Wimpern in stetiger Bewegung begriffen sind und dass diese Bewegungen die rhythmische Verengerung und Erweiterung der interfilamentären Spalten verursachen.

SABATIER behauptet, dass die Basalscheiben sogar bei den Bewegungen der Bürsten ihre Form verändern sollen. Ich habe aber solche Formveränderungen niemals beobachtet und kann übrigens nicht recht verstehen, wie sie auf jene Weise überhaupt zustande kommen könnten. Wahrscheinlich hat SABATIER sich einer Verwechslung schuldig gemacht, indem er gewisse Bewegungen der Kiemenfilamente, welche nichts mit der Wirksamkeit der Haftwimperbürsten zu thun haben, als solche gedeutet hat. Er erwähnt ¹⁾ nämlich, dass bisweilen je 2, 5 oder 10 Minute alle Kiemenfilamente einander genähert werden und will dies als eine Folge der Kontraktion der sämtlichen Haftwimperbürsten erklären. Ferner hebt er hervor, dass wenn man ein gleich vorher ausgeschnittenes Kiemenlamellstückchen beobachtet, man die Kiemenfilamente gegen einander zusammengedrängt still liegend findet. Diese Bewegungen sind aber sicherlich nicht von den Wimperbürsten, sondern von Muskelkontraktionen im oberen Randsaum und in der Kiemenachse verursacht. Im vorigen haben wir ja auch diese unregelmässigen Bewegungen erwähnt. Hier wollen wir nur hervorheben, dass bei *Mytilus*, wo die Kiemenfilamente mehr beweglich mit einander verbunden sind, diese Kontraktionen eine mehr merkbare Zusammensetzung der Filamente gegen einander hervorrufen können. Aller Wahrscheinlichkeit nach sind es diese Muskelkontraktionen und die davon bedingten Formveränderungen der Haftbürsten und ihrer Basalscheiben, welche SABATIER beobachtet und irrtümlich als Wirkungen der Wimperbürstenbewegungen gedeutet hat.

Nachdem wir also jetzt die von SABATIER beschriebenen rhythmischen Bewegungen der Kiemenfilamente näher kennen gelernt, können wir ihre angenommene Bedeutung für die Erzeugung der Wasserströmungen ins Auge fassen. Wenn wir berücksichtigen, wie diese Bewegungen ablaufen, dass ebenso viele interfilamentäre Spalten sich erweitern wie sich verengern, und nicht, wie SABATIER glaubte, eine gleichzeitige Verengerung und Erweiterung dieser Spalten eintritt, so dürfte es ziemlich klar sein, dass diese Bewegungen der Filamente nicht als eine zum Hervorrufen der Wasserströme mitwirkende Ursache angesehen werden können.

Aus der jetzt gegebenen Darstellung der Bewegungen der Kiemen stellt es sich somit heraus, dass wir nicht annehmen können, dass diese von irgend einer Bedeutung für die Herstellung der Wasserströmungen sind. Da wir vorher gefunden haben, dass die pallealen Wimpern im grossen und ganzen hierzu nicht mitwirken, so können wir offenbar nur in der Bewimperung der Kiemen selbst die stromerregende Ursache zu suchen haben.

¹⁾ l. c. p. 105.

Bevor wir aber zu einer näheren Untersuchung über die Frage, welche Kiemenwimpern und wie sie das Aus- und Einströmen des Wassers erzeugen, übergehen, scheint es mir zuerst nöthig, der Strömungsverhältnisse in der Mantelhöhle mit einigen Worten zu gedenken.

Die Strömungen in der Mantelhöhle.

Dass das Wasser von der infrabranchialen Kammer durch die interfilamentären Öffnungen an den Kiemenblättern in den interlamellaren Raum und von hier aus in die suprabranchiale Kammer strömt, um zuletzt durch die Analsiphooöffnung entleert zu werden, ist wie erwähnt schon von den älteren Forschern festgestellt, aber von dieser Strömung abgesehen, nehmen einige Verff. auch andere Strömungen in der infrabranchialen Kammer an. WILLIAMS¹⁾ sagt, dass die Wimpern an der Oberfläche der Kiemenblätter einen Wasserstrom in der Richtung von oben nach unten erzeugen. Wenn dieser den freien unteren Kiemenrand erreicht, wird er nach dem Mund gelenkt. Auf eine ähnliche Weise werden auch in BRONN's Klass. und Ordng. die Strömungsverhältnisse, wie erwähnt, geschildert. Durch Flimmerbewegung wird das Wasser unausgesetzt vom angewachsenen zum freien Kiemenrand getrieben. An dem freien Rand der Kiemenblätter in der Marginalrinne ist ein nach vorn gehender Wasserstrom vorhanden, durch welchen die Nahrungstheilchen dem Mund zugeführt werden. Ferner nimmt BRONN¹⁾ an, dass bei denjenigen Muscheln, deren Mantel geschlossen ist, die vorwärts gehenden Randströme Gegenströmungen hervorrufen, welche somit rückwärts gehen und sich durch den Analsiphoo entleeren. M'ALPINE¹⁾ nimmt solche Gegenströmungen auch bei *Mytilus* an. Die längs den Kiemenrändern vorwärts fließenden Ströme sollen rückwärtsgehende Strömungen verursachen und der von ihm am unteren Theil der Mantellappen beschriebene rückwärtsfließende Strom eine nach vorn gehende Strömung hervorrufen. THIELE¹⁾ theilt auch einige Beobachtungen über die Strömungen bei den *Najaden* mit. Die durch die Branchialöffnung in die Mantelkammer hineingekommenen Karminkörnchen werden zum oberen Theil des Mantelraumes geführt und danach durch die Bewegung der am äusseren Kiemenblatte und an der äusseren Seite des inneren Kiemenblattes sitzenden Wimpern nach unten getrieben. Am Rande des letzterwähnten Kiemenblattes geht ein Strom nach vorn. THIELE und andere Verff. nehmen an, dass im vorderen Theil in der Umgebung des Mundes eine strudelnde von der Bewimperung der Mundlappen verursachte Strömung obwaltet und dass die hier durch die vorwärts gehenden Wasserströme getriebenen Partikelchen von diesem strudelnden Strom gegriffen und dem Mund zugeführt werden. Hinsichtlich der Wasserströmungen bei *Arca Noë* und *Mytilus edulis* sagt BONNET²⁾, dass das Wasser durch die interfilamentären Spalten in den interlamellären Raum strömt oder dass

¹⁾ l. c.

²⁾ Der Bau und Cirkulationsverhältnisse der Arcephalankiema: Morphol. Jahrb. Bd. 3, 1877. p. 290.

es die Kiemen in der Richtung des Pfeiles durchspült (Taf. XV, Fig. 7 IL.) (d. i. dass es die Kiemenblätter von Seite zu Seite durch die interfilamentären Spalten durchspülen sollte).

Nach diesen Verff. sollten also in der infrabrauchialen Kammer sehr komplizierte Strömungsverhältnisse obwalten. Gegen diese von BRONN und M'ALPINE angenommenen Gegenströmungen hat sich STENTA ¹⁾ in seiner schon erwähnten wichtigen Arbeit geäußert und gezeigt, dass solche nicht vorhanden sind. Des weiteren hebt STENTA hervor, dass man zwischen eigentlichen Wasserströmen und s. g. Wandströmen unterscheiden muss und dass die von BRONN und M'ALPINE längs der Oberfläche der Kiemenblätter u. s. w. als Wasserströme beschriebenen eigentlich Wandströme sind. Diese s. g. Wandströme werden wir aber in einem späteren Theil dieser Untersuchung näher besprechen, hier wollen wir nur die eigentlichen Wasserströmungen ins Auge fassen.

Wenn man den Umstand in Betracht zieht, dass die Kiemen, Mantellappen und andere Körpertheile mit Wimpern bekleidet sind, die in verschiedene Richtungen schlagen, so könnte man sich leicht vorstellen, dass die Wasserströmungen in dem Mantelraum sehr verwickelt wären. Dies ist aber, wie wir sehen werden, nicht der Fall. Offenbar ist auch für Untersuchungen über diese Verhältnisse *Mytilus* das am meisten geeignete Objekt, da diese Muschel in der Ruhe ihre Schale oft so weit öffnet, dass man ohne Schwierigkeit in die Mantelhöhle hineinblicken kann.

Wir nehmen also einen ganz frischen *Mytilus* und legen ihn in Rückenlage in eine mit Seewasser gefüllte Glasschale. Nach einer Zeit geht das Thier in Ruhezustand über und öffnet seine Schale. Um die in der infrabrauchialen Kammer vorhandenen Strömungen beobachten zu können, benutzen wir im Seewasser fein vertheiltes Karmin. Das Karmin muss aber so fein vertheilt sein, dass es sich im Wasser ziemlich lange schwebend ohne zu sinken halten kann. Um solches zu bekommen, habe ich das Karmin in Ammoniak gelöst und danach mit Essigsäure gefällt, die Fällung abfiltrirt und mit Wasser gut ausgewaschen.

Mittels der Pipette träufeln wir jetzt etwas Karminwasser an der hinteren Schalenöffnung unmittelbar ventral von der Subanalsiphomembran. Welchen Weg das Karminwasser von hier aus nehmen wird, hängt von dem Umstand ab, ob die hintere Öffnung des medianen Mantelraumes offen steht oder von der Subanalsiphomembran zugeschlossen ist. Steht dieser Raum offen, dann wird das Karminwasser auch zum grössten Theil dahingesogen, ist er dagegen geschlossen, so wird es in den weiten mediolateralen Raum getrieben. Hieher gekommen strömt es aber bald gegen die Oberfläche des inneren Kiemenblattes und gleich sehen wir, wie die kleinen Karmintheilchen dem Kiemenblatt anhaften. Träufeln wir etwas Karminwasser noch ein Mal an der hinteren Schalenmündung, aber etwas mehr ventral von der Subanalsiphomembran und ein wenig näher der äusseren Seite, so sehen wir, wie das Karminwasser theils um den freien Rand des äusseren Kiemen-

¹⁾ l. c.

blattes herum in den engen lateralen Mantelraum, theils wie vorher in den mediolateralen Mantelraum eingezogen wird. In beiden Fällen strömt es bald gegen die Kiemenblätter, wo die Karmintheilchen auf der Kiemenoberfläche sitzen bleiben. Lassen wir das Karminwasser an der Mitte des ventralen Mantelschlitzes einströmen, wird es gleich den kürzesten Weg zwischen die Kiemenblätter hinaufgesogen. Gewöhnlich kommt es zum grössten Theil in den mediolateralen Mantelraum, nur ein Theil um den freien Rand des äusseren Kiemenblattes in den lateralen und ein anderer Theil zwischen die beiden inneren Kiemenblätter in den medianen Mantelraum hinein. Steht dieser Raum aber mehr offen, indem die beiden inneren Kiemenblätter auseinander gezogen sind, so strömt das Karminwasser hauptsächlich in diesen Raum hinein. Hat das Thier seinen Fuss ausgestreckt, so dass wir den vorderen Theil der Mantelhöhle überblicken können und wir an der vorderen Schalenöffnung vor dem Mund etwas Karminwasser träufeln, so sehen wir, dass es nach hinten gesogen wird, um bald zwischen den inneren Mundlappen und das innere Kiemenblatt in den medianen Mantelraum oder zwischen den äusseren Mundlappen und das äussere Kiemenblatt in den lateralen oder zuletzt zwischen die beiden zu demselben Ctenidium zugehörigen Kiemenblätter in den mediolateralen Mantelraum zu verschwinden. Wirbelnde Strömungen oder Gegenströmungen können wir aber niemals sehen. Das Karminwasser wird immer bei dem ruhig liegenden *Mytilus* auf dem kürzesten Weg zu den Kiemenblättern gesogen. Dasselbe können wir auch bei den *Najaden* feststellen, wenn wir die Schalenklappen mit einem hineingepressten Holzstückchen genügend aufgesperrt haben.

Aus diesem Befunden geht also klar hervor, dass in dem Mantelraum bei den ruhig liegenden Muscheln ziemlich einfache Strömungsverhältnisse obwalten, nur in einer Richtung strömt das Wasser, d. i. gegen die Kiemenblätter. Es sind, so lange die Ausströmung durch den Analsipho fortgeht, keine Gegenströmungen im Sinne BRONNS und M'ALPINE'S vorhanden. Ebenso wenig bestehen in diesem Falle solche wirbelnde Strömungen, wie THIELE u. a. oder solche die Kiemenblätter von Seite zu Seite durchspülenden Wasserströme, wie BONNET angenommen haben.

Wir haben aber bis jetzt nur Muscheln mit freien Mantelrändern untersucht. Aber die Möglichkeit ist natürlich nicht ausgeschlossen, dass bei den Muscheln mit verwachsenen Mantelrändern, bei welchen die infrabranchiale Kammer also mehr zugeschlossen ist, etwas andere Strömungsverhältnisse auch vorhanden sein können. Daher wollen wir die Wasserströmungen bei *Mya* etwas näher untersuchen. Es liegt auf der Hand, dass wir hier nicht die Verwachsung der Mantelränder durchschneiden und die Schalenklappen mit Gewalt öffnen dürfen, um in die Mantelhöhle hineinblicken zu können. Wie schon bemerkt, sind die Mantellappen bei *Mya* ziemlich dünn und durchsichtig und gestatten zu gewissem Grade wenigstens die Strömungsbahnen der Karmintheilchen innerhalb der Mantelhöhle zu verfolgen. Wir lösen also die eine Schalenklappe vorsichtig ab und lassen das Thier in Ruhe.

Wenn die Muschel ihren Siphon angestreckt hat und ihre Aus- und Einströmungsöffnungen aufsperrt, können wir die Karminwasserströmungen ziemlich gut durch den entblösten Mantellappen hindurch beobachten. Das durch die Branchialsiphonöffnung hineingesogene Karminwasser wird, so weit es festgestellt werden konnte, auf dieselbe Weise, wie vorher beschrieben wurde, gegen die Kiemenblätter gesogen. Niemals beobachtet man aber, dass das Karminwasser hin und zurück oder in wirbelnden Strömungen in die Mantelkammer getrieben wird. Schneiden wir danach eine ganz kleine Öffnung im vorderen Theil des entblösten Mantellappens nahe den verwachsenen Mantelrändern, und lassen wir durch diese ein wenig Karminwasser einströmen, so sehen wir, wie es nach hinten und schräg nach oben gegen die Kiemenblätter gesogen wird. Führen wir die Pipette durch die kleine Öffnung schräg nach unten so, dass ihre Spitze nahe der Verwachsungslinie der beiden Mantellappen kommt, und drücken wir einige Tropfen Karminwasser aus, dann wird es schnell längs der Verwachsungslinie nach hinten geführt, aber aus diesem nach hinten gehenden Karminwasserstrom werden immer kleine Karmintheilchen nach oben gegen die Kiemenblätter gesogen. Hier ist also in der infrabranchialen Kammer längs den Verwachsungslinien der beidenseitigen Mantelränder ein rückwärtsgehender Wasserstrom vorhanden. Aber dieser stellt jedoch nicht einen Gegenstrom im Sinne BRONN'S und M'ALPINES dar, denn wenn wir den entblösten Mantellappen längs der lateralen Seite der Mantelrandverwachsungslinie aufschneiden und die Kiemen dorsal schlagen, so ist trotzdem dieser rückwärtsgehende Strom vorhanden. Er wird offenbar von in dieser Richtung schlagenden Wimpern an den Mantelrändern hervorgerufen und, wie wir gesehen, ist er auch so schwach, dass die Karmintheilchen immerfort aus ihm von den kräftigen nach den Kiemenblättern gehenden Strömen mitgerissen werden, nur die Karminpartikelchen, die an den Wimpern selbst kleben, werden, wie wir in einem anderen Theil dieser Untersuchung näher sehen werden, nach hinten transportirt. Somit stellt es sich heraus, dass bei sämtlichen Muscheln in der infrabranchialen Kammer nur eine Stromrichtung und zwar eine gegen die Kiemenblätter gerichtete vorhanden ist. Die Ursache hierzu liegt auf der Hand: die das Wasser in der Richtung von der infrabranchialen Kammer durch die interfilamentären Spalten in die suprabranchiale Kammer treibenden Wimpern entwickeln eine so grosse Energie, dass die Wirkung der in anderen Richtungen schlagenden Wimpern bei den ruhig liegenden Muscheln nicht als sichtbare Wasserströmungen zum Ausdruck kommt.

Wie im vorigen erwähnt wurde, sind bei *Mytilus* die Kiemengänge im Verhältnis zu der infrabranchialen Kammer nicht geschlossen und man könnte somit vielleicht geneigt sein anzunehmen, dass das Wasser, welches in den interlamellaren Raum hineingesogen wird, in die suprabranchiale Kammer gelangt, theilweise wenigstens durch die Spalten am oberen Rand der aufsteigenden Lamellen wieder in die infrabranchiale Kammer hinausströmen sollte. Eine derartige Vorstellung

hat wohl STENTA ¹⁾ vorgeschwebt, wenn er sagt: »Freilich treten auch hinsichtlich des Wasserstromes Verschiedenheiten auf, welche aus der, durch Verwachsung zwischen Kiemen und Mantel zustandekommenden vollständigen Trennung beider Mantelkammern, aus der teilweise Verwachsung des Mantelrandes und aus der Bildung von Siphonen sich erklären lassen«. Auch M'ALPINE ¹⁾ hebt hinsichtlich *Mytilus* hervor, dass infolge des Umstandes, dass die supra- und infrabranchialen Kammern nicht getrennt sind, die Wasserströmungen nicht regelmässig laufen. Eine Verschiedenheit zwischen den oben erwähnten Muscheln habe ich aber nicht feststellen können. Bei dem ruhig liegenden *Mytilus* wird, wie schon hervorgehoben wurde, die suprabranchiale Kammer infolge der Stellung der freien Ränder der aufsteigenden Kiemenlamellen immer völlig zugeschlossen und, wie schon WILLIAMS ¹⁾ hervorgehoben hat, kommt bei dem ruhig liegenden *Mytilus* kein Wasser auf diesem Weg ebensowenig wie bei den *Najaden* durch die Öffnung am oberen Rand der aufsteigenden Lamelle des inneren Kiemenblattes in die infrabranchiale Kammer zurück. Wichtig ist aber diese Kommunikation zwischen den Mantelkammern für eine Cirkulation des Wassers innerhalb der Mantelhöhle bei der mit geschlossener Schale liegenden Muschel, ein Verhältnis, das wir später etwas näher behandeln werden.

Welche Kiemenwimpern verursachen das Aus- und Einströmen des Wassers?

Wie im vorigen gezeigt wurde, müssen wir die Ursache der Wasserströmungen so gut wie allein in der Kiemenbewimperung suchen, und dann erhebt sich natürlich zuerst die Frage, welche Wimpern sind es, die die wassertreibende Kraft entfalten?

Über den feineren Bau der Kiemen bei den *Lamellibranchiaten* liegt eine sehr reiche Literatur vor. Besonders sind die *Najaden* und *Mytilus* oft Gegenstand diesbezüglicher Untersuchungen gewesen, und daher kennt man auch die feineren Bauverhältnisse der Kiemen dieser Muscheln ziemlich gut. Was die Kiemenbewimperung aber betrifft, die für die vorliegende Frage uns speciell interessirt, so sind die Angaben der verschiedenen Verff. in gewissen Hinsichten von einander abweichend und theilweise auch unvollständig. Da die Untersuchungen meistens nur an fixirtem und gefärbtem Material vorgenommen wurden, sind nämlich besonders bei *Mytilus* einige Verhältnisse, die am besten an lebenden Kiemen hervortreten, den Verff. grösstentheils entgangen. Hier werden wir nur die Bewimperung an der Aussen- und Innenseite und die der Vorder- und Hinterseite der Filamente in Betracht ziehen. Die Bewimperung der übrigen Theile der Kiemen wird in einem anderen Zusammenhang erwähnt werden.

¹⁾ l. c.

Durch die in neuerer Zeit von POSNER ¹⁾, RABL ²⁾, ENGELMANN ³⁾, JANSSENS ⁴⁾ u. a. vorgenommenen Untersuchungen ist festgestellt, dass die an den verschiedenen Theilen der Kiemenfilamente sitzenden Flimmerzellen in Bezug auf ihren Bau und die Entwicklung ihrer Wimperhaare ziemlich grosse Verschiedenheiten darbieten. Somit ist es möglich verschiedene Flimmerzelltypen zu unterscheiden. In Übereinstimmung mit POSNER (1877) nenne ich die Zellen, welche die Aussenseite der Filamente bekleiden, »Höhenzellen«. Diese Zellen tragen bei den *Najaden* alle verhältnismässig feine und kleine Wimperhaare, so dass bekanntlich die Aussenseite der Filamente bei diesen Muscheln mit einem gleichförmigen, dichten Wimperkleid versehen ist (Taf. II, Fig. 8). Bei *Mytilus* aber liegen etwas andere Verhältnisse vor. Hier ist zwar eine feine Wimperkleidung vorhanden, aber zwischen den kleinen gewöhnlichen Cilien sitzen auch längere und kräftigere Wimpergebilde, die bezüglich ihres Baues mit den s. g. Cirren bei z. B. den hypotrichen Infusorien völlig übereinstimmen (Taf. II, Fig. 9). Hier müssen wir also unter den Höhenzellen zwei Formen unterscheiden, die Zellen mit feinen Wimperhaaren und die, welche Cirren tragen. An der Aussenseite der Filamente sitzen die Cirren in grösserer oder etwas kleinerer Entfernung von einander längs dem hinteren Rande, seltener aber an der Fläche (Taf. II, Fig. 9). Ihre Länge ist ziemlich bedeutend. Wenn sie nach hinten geschlagen sind, reichen sie gewöhnlich über die interfilamentäre Spalte bis zum Vorderrande des Nachbarfilamentes. In normalem Zustande sind diese Cirren einheitlich, wenn aber ein ausgeschnittener Theil eines Kiemenblattes unter dem Mikroskop eine Zeit gelegen hat, werden sie früher oder später in ihre cilienähnlichen Konstituenten ganz so, wie die entsprechenden Wimpergebilde bei den Infusorien, aufgelöst. Es sind offenbar diese Cirren, welche BONNET ⁵⁾ bei *Mytilus* beobachtete, aber mit den Membranellen der Eckzellen verwechselte.

Bei *Mya* ist die Aussenseite der Filamente wie gewöhnlich bei den Muscheln mit einem feinen und dichten Cilienkleid überzogen, aber ausserdem sind an gewissen Theilen mehr oder weniger regelmässig auch Cirren vorhanden. So findet man an den unteren Theilen der Filamente immer grosse Cirren, die in einer längs der Mitte der Filamente liegenden, ein Stückchen nach oben sich erstreckenden Zone angeordnet sind (Taf. II, Fig. 10). Ferner beobachtet man auch an den oberen Theilen besonders an dem inneren Kiemenblatt am hinteren Filamentenrande hier und da Cirren, aber so regelmässig wie bei *Mytilus* scheinen sie allerdings nicht vorhanden zu sein.

Am Rande der Filamente sitzt bei sämtlichen Muscheln eine Reihe grösserer Zellen, die s. g. Eckzellen (POSNER). VON SHARPEY (1836) schon beobachtet, sind

¹⁾ Über den Bau der Najadenkiemen: Arch. f. mikr. Anat., Bd. 11, 1875. — Histologische Studien über die Kiemen der acephalen Mollusken: Ibdm, Bd. 14, 1877.

²⁾ Bemerkungen über den Bau der Najadenkieme: Jen. Zeitschr. f. Naturwiss., Bd. 11, 1877.

³⁾ Zur Anatomie und Physiologie der Flimmerzellen: Pflügers Arch., Bd. 23, 1880.

⁴⁾ Les Branches des Acéphales: La Cellule, Bd. 9, 1893.

⁵⁾ l. c.

sie zuerst von ENGELMANN richtig beschrieben worden. Wenn man diese Zellen von oben betrachtet, sieht man dass sie, wie ENGELMANN sagt, rechteckig und quergestellt mittels ihrer breiten Flächen mit einander verbunden sind. Jede dieser Zellen trägt eine grosse und kräftige Membranelle, die von der Mitte der Zelloberfläche ausgeht. Diese Membranellen, die ich Randmembranellen bezeichnen will¹ (Taf. II, Figg. 8—10, *Rm.*), sind, wie die Zellen selbst, quergestellt, so dass ihre beiden Kanten nach aussen und innen, ihre breiten Flächen nach oben und unten gerichtet sind. Sie sitzen ziemlich dicht an einander (Taf. II, Figg. 8—10) und sind so lang, dass sie, nach innen geschlagen, über die interfilamentäre Spalte reichen und beinahe den Rand der gegenüberliegenden Kiemenleiste berühren. ENGELMANN hat, wie erwähnt, diese Wimpergebilde näher untersucht. Jede Membranelle besteht nach ihm eigentlich aus zwei dünnen Membranellen, welche in einiger Höhe über der Zelloberfläche mit einander verschmelzen und so eine einzige ziemlich dicke Membranelle bilden. Ferner ist jede Membranellenhälfte aus einer Reihe mit einander verbundener Cilien zusammengesetzt, die von verschiedener Länge sind, so dass die Membranelle in ihrem freien Ende wie schräg abgeschnitten erscheint. Eine hinsichtlich des Baues dieser Wimpergebilde von der ENGELMANN'schen abweichende Auffassung hat indessen JANSSENS ausgesprochen. Er nimmt nämlich an, dass jede Eckzelle an ihrer Oberfläche zwei parallele Reihen von Cilien trägt, die nicht mit einander zu einer einheitlichen Membranelle verschmolzen sind. Es ist nur »un simple accolement«, da aber alle in derselben Richtung schlagen, so wirken diese Cilienreihen als eine einheitliche Bildung. Da diese Wimpergebilde, wie wir später finden werden, eine wichtige Rolle spielen, ist es nöthig ihren Bau etwas näher ins Auge zu fassen.

An fixirten und gefärbten Schnittpräparaten von den Kiemenfilamenten sieht man diese Wimpergebilde ziemlich gut. Hier treten sie als ein Büschel feiner und langer, dicht sitzender Cilien hervor. Ein ganz anderes Bild bekommt man aber, wenn man sie an frisch ausgeschnittenen Kiemenfilamenten oder noch besser an abgekratzten überlebenden Zellen beobachtet. Untersucht man bei stärkerer Vergrösserung (ZEISS' Comp. Ocul. 6 + Homog. Immers. 2 mm.) eine solche Membranelle, welche Seitenlage einnimmt, so sieht man unschwer, dass sie breit säbelförmig ist und den konkavirten Rand gegen die Aussenseite des Filamentes wendet (Pl. II, Fig. 11). Wenn die Membranelle ganz frisch, also noch lebendig ist, kann man nur sehr undeutlich oder gar nicht einen fibrillären Bau erkennen. Sie erscheint ziemlich homogen. Allein an ihrem konkavirten Rand sieht man feine, ziemlich lange, scharf konturirte Fransen, die unverkennbar auf einen fibrillären Bau deuten. Die Fransen sind also bei den ihre natürliche Lage einnehmenden Membranellen nach aussen gerichtet, aber stehen nicht gerade aufgerichtet, sondern sind, wie die ganze äussere Membranellenkante nach der einen Seite hinübergebogen (Taf. II, Fig. 12), so dass sie die Nachbarmembranelle beinahe berühren. Infolge der Stellung dieser Fransen entsteht somit, sobald die Membranellen über die interfilamentäre Spalte geschlagen sind, ein sehr feines Gitter, das den Eingang der Spalte zusperrt.

Beobachtet man die Membranellen von der einen Kante, so sieht man, dass sie verhältnismässig dick und, wie ENGELMANN angiebt, aller Wahrscheinlichkeit nach von zwei Reihen Wimpern zusammengesetzt sind. Haben die abgeschabten Eckzellen eine Zeit lang unter dem Deckglas gelegen, verändert sich das Aussehen der Membranelle. Ihr fibrillärer Bau tritt mehr und mehr hervor und zuletzt zerfällt die ganze Membranelle in ihre cilienähnlichen Konstituenten. Wie ENGELMANN annahm, bestehen sie somit von Cilien, aber diese elementaren Cilien sind jedoch nicht in ihren oberen Enden mit einander verschmolzen. Hier sind sie frei und bilden die Fransen der Membranelle. Dass diese Bildungen nicht in Folge einer eingetretenen Auffaserung entstanden sind, sondern wirklich bei ganz normalen Membranellen vorhanden sind, geht aus dem Umstand hervor, dass man sie auch immer an den an den Kiemenfilamenten in situ befindlichen Membranellen sehen kann.

Innerhalb der Reihe dieser Eckzellen an der Vorder- und Hinterseite der Filamente sitzen die s. g. »Seitenzellen« (POSNER), die, wie ENGELMANN gezeigt hat, in vier Reihen geordnet sind. Von oben betrachtet sind diese Zellen länglich vier-



Fig. D. Seitenzellen von *Mytilus*. An der ersten Zelle jeder Reihe ist die Anordnung der Wimpern markirt. (LEITZ: Comp. Ocul. 2 + homog. Immers. 2 mm. Tub.-I. 160.)



Fig. E. Seitenzellen von *Mya*. Vergröss. = Fig. D.

eckig und so gestellt, dass ihre Längsachse mit der des Filamentes zusammenfällt. Mit ihren schmalen Enden sind sie also an einander gereiht. Die Länge der Seitenzellen in den verschiedenen Reihen ist etwa dieselbe, ihre Breite dagegen oft ziemlich verschieden. Bei den *Najaden* sind die Zellen der dritten Reihe, von aussen gerechnet, bei *Mytilus* die der dritten und vierten (Fig. D), bei *Mya* dagegen die Zellen der ersten, dritten und vierten Reihen die schmalsten (Fig. E). Diese Seitenzellen tragen sehr dicht sitzende, feine, aber verhältnismässig lange Wimpern, die, wie schon ENGELMANN beobachtete, an der Zelloberfläche in schräg verlaufenden parallelen Reihen angeordnet sind (Fig. D). Ob diese Wimpern auch mit einander verbunden sind und es somit hier eine einheitliche Membran entsteht, ist allerdings nicht leicht zu entscheiden. Wenn man ihre Bewegungen beobachtet, findet man, dass die Wimpern der in den verschiedenen Reihen gegenüberliegenden Zellen gleichzeitig schlagen, und bekommt somit den Eindruck, als ob sie eine einheitliche zusammenhängende Membran bildeten. Bisweilen habe ich jedoch beobachtet, dass in dieser dichten Wimperzone während der Ruhe einige Cilien nach aussen, andere mehr nach innen gehalten wurden und dass sie somit von einander getrennt waren. Ich glaube also annehmen zu dürfen, dass die Cilien dieser Seitenzellen nicht eigentlich mit einander verschmolzen, sondern frei sind. Wie ENGEL-

MANN schon hervorgehoben hat, ist es für den Effekt ihrer Schlagwirksamkeit von grosser Bedeutung, dass sie in schräg zur Schwingungsebene verlaufenden parallelen Reihen angeordnet sind (Fig. D). Jede Cilie der einen Reihe kommt bei ihrer Bewegung in eine Lücke zwischen ihren beiden Vorder- bezügl. Hintermännern hineinzuschwingen, und somit wird jeder Zwischenraum von einer Cilie eingenommen und die Wimpern bekommen auch einen grösseren Spielraum für ihre Bewegungen. Infolge dieser Verhältnisse wirkt also diese Wimperzone, obgleich die Cilien frei sind, als eine zusammenhängende Membran.

Was die Bewimperung der inneren Theile der Filamente anbelangt, so liegen in der Literatur abweichende Angaben vor. Einige Verff. (z. B. POSNER und BONNET) nehmen an, dass bei den *Najaden* sowohl die die interfilamentären Canäle wie die den interlamellaren Raum bekleidenden Zellen wimpertragend sind, andere Verff. (RABL u. a.) heben dagegen hervor, dass die Canäle erst in einer gewissen Entfernung von der Oberfläche der Kieme zu flimmern beginnen. Wie ich in einer neulich erschienen Abhandlung¹⁾ gezeigt habe, treten in dem Flimmerepithel der Molluskenkiemen auch flimmerlose Zellen auf. Bisweilen können sie auch an solchen Stellen, wo gewöhnlich nur oder hauptsächlich Flimmerzellen zu sehen sind, in Mehrzahl vorhanden sein, an anderen Theilen sind sie in der Regel die zahlreichsten oder bilden so gut wie allein das Epithel. Was das Epithel an den Seiten der Filamente innerhalb der Seitenzellen betrifft, so ist dies bis zum inneren Theil der Wasserkanäle gewöhnlich flimmerlos. Hier und da treten jedoch nicht selten vereinzelt Flimmerzellen auf. In den inneren Theilen der interfilamentären Canäle ändert sich aber das Epithel, indem hier die Flimmerzellen zahlreicher werden und ein mehr zusammenhängendes Wimperkleid bilden. Dies streckt sich auch über die innere Filamentfläche. Die Innenseite der Kiemenlamellen ist also mit einem ziemlich dichten Wimperüberzug versehen, dessen Cilien, wie die der Hösenzellen an der Aussenseite, verhältnismässig kurz und fein sind (Taf. II, Fig. 13). Ähnliche Verhältnisse finden wir auch bei *Mytilus* und *Mya*. Hinsichtlich der Bewimperung an der Innenseite der Filamente bei *Mytilus* liegen auch verschiedene Angaben vor, indem SABATIER²⁾ und SLUITER³⁾ das Vorhandensein einer Bewimperung bestreiten, BONNET u. a. aber eine solche annehmen. Bei *Mytilus* habe ich immer eine zusammenhängende feine Wimperbekleidung beobachtet, die sich von den inneren Theilen der interfilamentären Spalten über die Innenseite der Filamente streckt. Zwischen den feinen Cilien finden sich wie an der Aussenseite auch an der Innenseite der Filamente längere oder kürzere Cirren. Hier sind sie aber nicht auf den einen Rand beschränkt, sondern sitzen sowohl an den beiden Rändern als an der Oberfläche zerstreut (Taf. II, Fig. 14). Bei *Mya* ist das Wimperkleid an der inneren Seite der Kiemenlamellen nicht so kontinuierlich wie bei den anderen

¹⁾ Zur Kenntnis der Flimmerzellen: Zeitschr. f. allgem. Physiologie, 1905.

²⁾ l. c.

³⁾ Beiträge zur Kenntnis des Baues der Kiemen bei den Lamellibranchiaten: Nederl. Arch. f. Zoolog., Bd. 4, 1877—78.

Muscheln. Die wimpertragenden Zellen sitzen nämlich hier auf grösserer oder kleiner Entfernung von einander, so dass kleine wimperfreie Felder entstehen.

Nach dieser Darstellung der Kiemenbewimperung bei den vorliegenden Muscheln wollen wir also die Frage zur näheren Prüfung aufnehmen, welche Wimpern bewirken die aus- und eingehenden Wasserströme? Um dies zu entscheiden, müssen wir natürlich die Schlagrichtung der Wimpern näher untersuchen.

Wenn wir also die Bewegungen der verschiedenen Kiemenwimpern ins Auge fassen, so finden wir gleich, dass die an der Aussenseite der Filamente sitzenden Wimpergebilde nicht zum Erzeugen der betreffenden Wasserströmungen beitragen können. Ihre wirksamen Schläge gehen nämlich im grossen und ganzen immer in einer zur Längsachse der Filamente parallele Richtung, an den äusseren Kiemenblättern bei den *Najaden* (Taf. II, Fig. 8) nach oben, an den inneren Kiemenblättern dagegen nach unten. Bei *Mytilus* und *Mya* schlagen sie an sämtlichen Kiemenblättern in der Richtung nach unten (Taf. II, Fig. 9 u. 10). Beobachten wir bei etwas stärkerer Vergrösserung diese Wimpern im Zustand der Bewegung, stellt es sich heraus, dass die den Filamentenrändern am nächsten sitzenden Wimpern schräg nach oben (bez. unten) und aussen (gegen die Mittellinie der Aussenseite) schlagen, während sie in einer breiten Zone längs der Filamentmitte gerade nach oben bez. nach unten schlagen (Taf. II, Fig. 8). Diese Wimpern können also offenbar nicht dazu beitragen, das Wasser in die interfilamentären Öffnungen hineinzuzwingen und haben für die Wasserströmungen überhaupt gar keine Bedeutung.

Die Randmembranellen nehmen zwar einen Platz an den Kiemenleisten ein, wo man von vornherein vermuten kann, dass die wassertreibenden Wimpern sitzen müssen. Daher sind diese Randmembranellen von den früheren Verff. gewöhnlich als die eigentlich wassertreibenden Wimpergebilde aufgefasst worden. Ihre Stellung in Beziehung zu den interfilamentären Spalten ist aber zu diesem Zweck offenbar nicht die allergünstigste. Wie erwähnt, sitzen sie nämlich mit ihren breiten Flächen nach oben und unten, während sie die dünnen Kanten gegen die interfilamentären Spalten wenden (Taf. II, Fig. 8), eine Stellung, die offenbar für das Eintreiben des Wassers in den interlamellaren Raum nicht besonders vortheilhaft sein kann. Dies ungünstige Verhältnis wird aber dadurch ein wenig kompensiert, dass, wie erwähnt, der äussere Rand mit den Fransen ein wenig einwärts gebogen ist (Taf. II, Fig. 12) und somit bei dem nach innen gehenden Schlage gegen das Wasser wirken und es nach innen treiben kann. Was ihre Bewegungen betrifft ist es nicht ganz leicht, bestimmt zu sagen, in welcher Richtung, nach innen oder nach aussen, der wirksame Schlag verläuft. An einem frisch ausgeschnittenen Kiemenstückchen sind diese Membranellen in einer sehr lebhaften Wirksamkeit. Sie schlagen ungemein schnell nach innen und aussen. Den Eindruck habe ich hierbei immer bekommen, dass die gegenübereinander an zwei Nachbarfilamenten sitzenden Membranellen metachronisch schlagen in dem Sinne nämlich, dass wenn die eine nach aussen schlägt, die andere nach innen geführt wird. Wenn man mittels im Wasser fein

vertheiltes Karmin prüft, so findet man, dass die Karmintheilchen, die von den Schlägen dieser Wimpern getroffen werden, schnell nach aussen geschleudert und dann von den Wimpern an der äusseren Filamentenseite gegriffen werden. Dass infolgedessen die grösste Energie von dem nach aussen gehenden Schlage entfaltet wird, will ich damit nicht gesagt haben. Die Membranellen bewegen sich nämlich in beiden Richtungen ungemein schnell und, wenn sie in voller Thätigkeit sind, kann man nur ein Zittern beobachten. Geht die Bewegung etwas langsamer vor sich, so sieht man, dass sie nach innen nicht eigentlich tief schlagen, während sie nach aussen so weit geführt werden, dass sie mit ihrem äusseren Rand die Aussenseite des Filamentes beinahe berühren (Taf. II, Fig. 8). Offenbar können diese Wimpergebilde infolge ihrer etwas schrägen Form jedenfalls dazu beitragen, das Wasser in die interfilamentären Spalten zu treiben, aber ich glaube jedoch bestimmt behaupten zu können, dass ihre Hauptbedeutung nicht in dieser Wirksamkeit zu suchen ist.

Schon die älteren Verff. hatten beobachtet, dass die mit dem eingehenden Wasserstrom aufgenommenen festen Theilchen nicht mit dem durch den Analsipho ausfliessenden Strom hinauskommen, sondern von den Kiemen abfiltrirt werden und dem Wimperkleid der Aussenseite der Kiemenblätter anhaften. OLT ¹⁾ hebt ferner hervor, dass obschon eine energische Wasserströmung von der infra- zur suprabranchialen Kammer stattfindet, keine festen Partikelchen, wenn man eine *Najade* Karminwasser oder Schwefelmilch mit dem eingehenden Strom einziehen lässt, in den interlamellaren Raum gelangen. Dieser Filtrationsprozess wird eben von den Randmembranellen besorgt, was wir ohne Schwierigkeit feststellen können. Wenn man auf ein frisch ausgeschnittenes Kiemenblattstückchen von z. B. einer *Anodonta* einige tropfen Karminwasser träufelt, beobachtet man, dass die kleinen Karmintheilchen nur selten innerhalb der Randmembranellen in die interfilamentären Rinnen gelangen. Wenn sie zufälligerweise dahin gekommen sind, so werden sie bald von den Membranellen gegriffen und weggeschleudert. Ferner sieht man auch, wie die Karminpartikelchen, die in Berührung mit den Membranellen kommen, entweder gleich nach aussen getrieben oder, was nicht selten eintritt, an diesen für einige Augenblicke kleben, um dann weggeschleudert zu werden. Diese Randmembranellen sind nämlich sehr klebrig und da sie ausserdem ziemlich nahe einander sitzen, indem die der gegenüberliegenden liegenden Randmembranellen zweier Nachbarfilamente zwischen einander greifen, und an ihren nach aussen gewendeten Rändern mit feinen Fransen versehen sind, stellen sie vor dem Eingang der interfilamentären Öffnungen ein feines Gitterwerk dar, durch welches sogar die feinen Karmin- oder Schwefelpartikelchen nicht hineinkommen können. Nach aussen schlagen sie, wie bemerkt, so weit, dass sie beinahe die äussere Filamentfläche berühren und dann werden, wenn nicht früher, die kleinen Partikelchen, die gegen die interfilamentären Spalten gezogen, aber von den Membranellen aufgefangen

¹⁾ l. c.

wurden, vom Wimperstrom der Aussenseite gegriffen. Die bei *Mytilus* am Hinterrande der Filamente sitzenden grossen Cirren spielen hierbei auch eine wichtige Rolle. Von ihrer Ruhelage nach unten (Taf. II, Fig. 9, 1) schlagen sie nämlich unaufhörlich über die interfilamentäre Spalte nach oben (Fig. 9, 2, 3 u. 4). Während dieser Bewegung fegen sie von den Randmembranellen die diesen anhaftenden Fremdkörper weg.

Wie gesagt, sind die Membranellen klebrig. Die klebrige Substanz, womit sie also überzogen sind, dürfte vielleicht von den s. g. »Schaltzellen« (POSNER) herühren, die in einer Reihe zwischen den Seitenzellen und Eckzellen und unmittelbar innerhalb der letzteren sitzen. Ein Umstand macht mich aber hinsichtlich der angenommenen sekretorischen Natur dieser Zellen etwas zweifelhaft. Zwar färben sich an z. B. den *Najaden*-kiemen bei der HEIDENHAIN'schen Methode oft im Protoplasma dieser Zellen eine Menge runder Körnchen stark schwarz, die somit Sekretkörnchen vorstellen könnten, bei Behandlung mit Muchämatein zeigen sie aber gar keine Reaktion. Bei diesem letzten Verfahren bekommt man dagegen immer innerhalb der Seitenzellen eine oder zwei Zellen schön tiefblau gefärbt. Ausserdem findet man im Flimmerepithel der Innenseite der Kiemenlamellen hie und da Zellen, die die typische Mucinreaktion zeigen. Wenn also die s. g. Schaltzellen wirklich von sekretorischer Natur sind, scheint ihr Sekret eine andere Modifikation des Schleimes als das der erwähnten wirklichen Schleimzellen zu sein. Ferner dürfte wohl darüber kaum Zweifel obwalten, dass die Wimperzellen selbst ein Sekret, das sich über die Wimperhaare ausgiesst, ausscheiden können.

Hinsichtlich der Bedeutung der Randmembranellen können wir somit sagen, dass sie zwar dazu beitragen können, das Wasser in den interlamellaren Raum hineinzutreiben, dass sie aber wahrscheinlich ihre wichtigste Funktion darin haben, dass sie das Eindringen der mit dem Wasser aufgenommenen festen Partikelchen durch die interfilamentären Öffnungen in den interlamellaren Raum verhindern. Sie bilden vor allem den Filtrirapparat der Kiemen.

Die Wimpern der Seitenzellen bilden, wie erwähnt, eine dichte Zone von feinen und ziemlich langen Cilien, die in ausgestrecktem Zustand die interfilamentären Rinnen bzw. Spalten beinahe völlig zuschliessen. Wenn man diese Zone an einem frisch ausgeschnittenen Kiemenblattstückchen bei mittlerer Vergrösserung beobachtet, so sieht man, wie die Wimpern in einer lebhaften Bewegung begriffen sind. Es sieht ganz so aus, wie frühere Verff. auch angegeben haben, als ob die interfilamentären Spalten mit einer undulirenden Membran berändert wären. Die Bewegungsart dieser Wimperzone stimmt nämlich mit der der undulirenden Membranen völlig überein. Schon SHARPEY hat beobachtet, dass die Undulationen an den beiden Seiten eines Filamentes in entgegengesetzter Richtung verlaufen. Bei den *Najaden* z. B. gehen sie an der Vorderseite des absteigenden Filamentenschenkels nach oben und an der Hinterseite nach unten (Fig. F), an den aufsteigenden Filamentenschenkeln dagegen ganz entgegengesetzt (Fig. G). Wenn wir die Ontogenese

der Kiemenlamellen berücksichtigen können wir sagen: die Undulationen der Seitenwimperzone gehen an der Vorderseite der Filamente in der Richtung gegen die Kiemenachse und an der Hinterseite in der Richtung von dieser. Die Undulationen verlaufen an den frisch ausgeschnittenen Kiemenblättern in ihrer entgegengesetzten Richtung sehr schnell. Ein solches Kiemenblattstückchen bietet, solange die Randmembranellen und Seitenwimpern in voller Thätigkeit sind, ein interessantes und schönes Bild dar. Aber bald hört das lebhaftes Spiel der Seitenwimpern auf. Vermuthlich infolge eintretenden Sauerstoffmangels werden ihre Bewegungen allmählich langsamer, um zuletzt ganz aufzuhören. Dann stehen diese Wimpern schräg nach oben gerichtet. Etwas länger als die Seitenwimpern setzen gewöhnlich die Randmembranellen ihre Wirksamkeit fort, aber auch sie werden verhältnismässig bald zum Stillstand gebracht. Dann sind aber immer noch die Aussen- und Innenwimpern an den Kiemenfilamente in Thätigkeit.

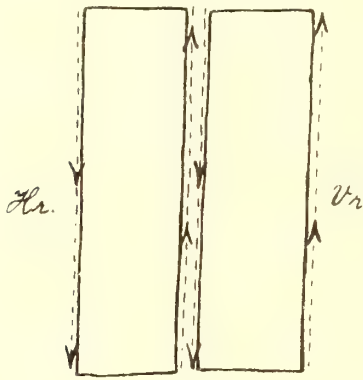


Fig. F. *Unio*: Zwei Filamentenstückchen von der absteigenden Lamelle des äusseren Kiemenblattes. Die Pfeile geben die Richtung der Undulationen der Seitenwimperzone an. V_r = der Vorderrand, H_r = der Hinterrand des Filamentes.

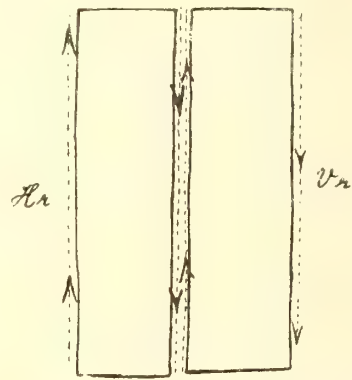


Fig. G. *Unio*: Zwei Filamentenstückchen von der aufsteigenden Lamelle des äusseren Kiemenblattes. Bezeichnung = Fig. F.

Die effektiven Schläge der Seitenwimpern gehen mit grosser Energie in der Richtung nach innen. ENGELMANN sagt zwar, dass sie mit der grössten Geschwindigkeit nach aussen schlagen, man kann aber unschwer sich davon überzeugen, dass das Gegentheil geschieht. Wenn man z. B. einige frisch ausgeschnittenen, von einander getrennten Kiemenfilamente von *Mytilus* mit ihrer Vorder- oder Hinterseite nach oben in einem Tropfen Karminwasser unter dem Mikroskop beobachtet, so sieht man, wie die Karmintheilchen von der Schlagwirksamkeit der Seitenwimperzone in der Richtung nach innen ungemein schnell geschleudert werden.

Diese Seitenwimpern sind es, die vor allem das Wasser durch die interfilamentären Öffnungen in den interlamellaren Raum treiben. Ihre Lage im Inneren der interfilamentären Rinnen bzw. Spalten, ihre Schlagrichtung und mehrere andere Verhältnisse zeigen es ganz bestimmt. Die Seitenwimpern an den einander

zugekehrten Seiten zweier Nachbarfilamente schliessen, wie erwähnt, die interfilamentäre Spalte beinahe zu und da sie jetzt mit der grössten Energie nach innen schlagen, muss natürlich das Wasser hineingepresst werden. Hierbei ist offenbar auch der Umstand von grosser Bedeutung, dass die Undulationen an den beiden Wänden der interfilamentären Spalte immer in entgegengesetzter Richtung verlaufen.

Wir können somit als sicher erachten, dass hauptsächlich durch die Wirksamkeit der Seitenwimpern das Wasser in den interlamellaren Raum hineingetrieben wird.

Die Schlagrichtung der an den inneren Theilen der interfilamentären Canälchen bzw. Spalten sitzenden Wimpern geht nach innen und die Cilien an der Innenseite der Kiemenlamellen schlagen an den unteren und grössten Theilen gerade nach oben, an den obersten Theilen zuerst schräg nach oben und hinten und dann an den absteigenden Lamellen näher der Kiemenachse und an den aufsteigenden Lamellen unmittelbar unter dem mit den Mantellappen verwachsenen bzw. freien Rand gerade nach hinten (Fig. H. und Taf. II, Fig. 14). Diese kurzen aber gewöhnlich dicht sitzenden Wimpern treiben das in dem inter-

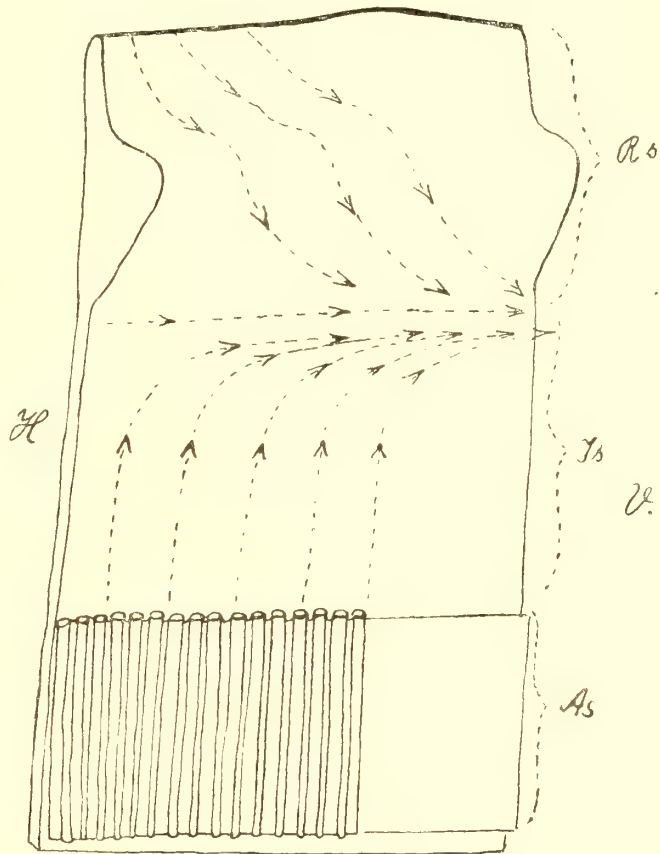


Fig. H. *Unio*. Ein Stückchen vom oberen Theil des inneren Kiemenblattes. Die absteigende Lamelle ist zum grössten Theil weggeschnitten, so dass man die Innenseite der aufsteigenden Lamelle mit dem Randsaum sieht. *Rs* = Randsaum; *Is* = Innenseite der aufsteigenden Lamelle; *As* = Aussenseite der absteigenden Lamelle; *V* und *H* = nach vorn und nach hinten gekehrter Theil des Kiemenblattes. — ZEISS, Ocul. 4 + objekt. a*, 160 mm. Tubuslänge.

lamellaren Raum hineingekommene Wasser in die suprabranchiale Kammer hinauf, weiter nach hinten und zuletzt durch die Analsiphonöffnung hinaus. Infolge dieser Wirksamkeit der jetzt erwähnten Wimpern tragen sie natürlich auch dazu bei Wasser durch die interfilamentären Öffnungen in den interlamellaren Raum einzusaugen.

Wenn die oberen Ränder der aufsteigenden Lamellen frei und mit einem Saum versehen sind, schlagen die an der Innenseite dieses Randsaumes sitzenden Wimpern nach unten und schräg nach hinten und tragen somit dazu bei das in die suprabranchiale Kammer hinaufgetriebene Wasser zu verhindern durch die hier befindliche spaltförmige Öffnung hinauszudringen. (Fig. H, Rs).

Um jetzt das in Bezug auf die Bedeutung der Kiemenwimpern für die Herstellung der Wasserströmungen erwähnte kürzlich zusammenzufassen, können wir also sagen: Die Aussenwimpern der Kiemenfilamente sind hierfür von keiner Bedeutung. Die Randmembranellen dürften hauptsächlich dazu dienen, das Eindringen der Fremdkörper in den interlamellaren Raum zu verhindern. Nur im geringeren Grade spielen sie eine Rolle beim Eintreiben des Wassers in den interlamellaren Raum. Hauptsächlich durch die Wirksamkeit der Seitenwimpern und der inneren Kiemenwimpern werden die Ein- und Ausströmungen erzeugt. Die Energie, die diese Wimpern entfalten und mit welcher das Wasser in der Richtung aus der infra- zu der suprabranchialen Kammer getrieben wird, ist viel grösser als die von den in anderen Richtungen schlagenden Wimpern entwickelten Energie. Daher entsteht, wie wir schon gefunden haben, in der Mantelhöhle keine merkbaren in anderen Richtungen fliessenden Wasserströme.

Da bekanntlich die Wirksamkeit der Wimpern automatisch fortgeht, so ist auch ohne weiteres verständlich, dass die Wasserströmungen bei der ruhig liegenden Muschel, die ihre Aus- und Einströmungsöffnungen, und die interfilamentären Öffnungen vollständig aufgesperrt und ausserdem sowohl die interlamellaren Räume wie die suprabranchialen Kammern auf normale Weise erweitert hat, kontinuierlich und mit unveränderter Stärke fortgehen müssen. Ferner können wir auch ohne weiteres verstehen, dass jede Veränderung in der Weite der Aus- oder Einmündungsöffnungen, in der Weite der interfilamentären Spalten, in der der interlamellaren Räume oder der suprabranchialen Kammern eine Veränderung in der Stärke der Strömungen verursachen muss. Wir fanden ja auch, dass die Ausströmungskurve bei der ganz ungeritzten Muschel nicht ganz glatt verläuft, sondern immer kleine regelmässige Wellenbewegungen zeigt. Jetzt wollen wir die Ursache dieser Erscheinungen näher ins Auge fassen.

Warum verläuft die Stromkurve bei der ruhig liegenden Muschel nicht ganz glatt?

Wie schon hervorgehoben wurde, können Kontraktionen in den verschiedenen Theilen der Mantellappen und in den Kiemen Veränderungen in der Stärke hervorrufen, womit der ausgehende Wasserstrom fliesst. Regelmässige rhythmische Bewegungen, die durch Muskelkontraktionen in den Kiemen verursacht wurden, konnten

wir bei der ruhig liegenden Muschel aber nicht feststellen. Ebenso wenig traten ähnliche Bewegungen in den die Analsiphon- und Branchialöffnung begrenzenden Mantelrändern auf. Die regelmässigen Wellenbewegungen der ruhigen Stromkurve können somit nicht von Muskelkontraktionen in diesen Körpertheilen abhängig sein. Wir fanden aber eine rhythmische passive von den Bewegungen des Herzens hervorgerufene Kiemenbewegung und, wenn wir die Zahl dieser Bewegungen mit der während einer Minute eintretenden Wellenbewegungen in der Kurve (Taf I, Fig. 1) vergleichen, so finden wir, wenn die Thiere bei etwa derselben Wassertemperatur gehalten werden, dass sie völlig mit einander übereinstimmen. Wir müssen also auch die rhythmischen Wellenbewegungen der ruhigen Stromkurve in letzter Hand auf die Herzbewegungen zurückführen. Wenn die Herzkammer mit Blut gefüllt wird, drückt sie das unterliegende Dach der suprabranchialen Kammer ein wenig nach unten. Eine kleine Menge des in dieser Kammer eingeschlossenen Wassers wird in der Richtung des kleinsten Widerstandes, das ist durch die Analsiphonöffnung, hinausgepresst. Die Stromkurve muss also ein wenig steigen. Wenn aber die Kammer in den Zustand der Systole übergeht, erhöht sich wieder das Branchialkammerdach, der ausfliessende Wasserstrom wird ein wenig geschwächt und die Kurve muss infolgedessen ein wenig sinken. So spiegelt sich also in der Stromkurve der ruhig liegenden Muschel die Herzbewegungen schön ab.

Dass wirklich diese Erklärung der Wellenbewegungen in den ruhigen Kurven zutreffend ist, können wir übrigens durch ein interessantes Experiment zeigen, das ausserdem auch die völlige Unabhängigkeit der Wasserströme von Muskelkontraktionen zeigt und ferner auch bestätigt, was wir schon hervorgehoben haben dass die Stromkurve bei der ganz ruhigen Muschel von den Herzbewegungen abgesehen eigentlich ganz glatt verläuft.

Wenn wir z. B. einen *Unio* durch vorsichtige Behandlung mit Äther narkotisieren, kann es uns bisweilen gelingen einen Zustand hervorzurufen, in welchem das ganze Thier erlähmt ist, die Wimperbewegungen aber noch ziemlich unbehindert und auf normale Weise fortgehen. Wir legen also ein kurz vorher eingefangenes *Unio*-individuum in eine Glasschale mit frischem Wasser und giessen nach und nach vorsichtig kleine Quantitäten Ätherwasser darin. Nach einer kurzen Zeit fängt das Thier an seine Schale zu öffnen und den Fuss auszustrecken. Die Wasserströmungen gehen wie gewöhnlich vor sich. Nach einigen Stunden ist die Betäubung eingetreten. Das Thier liegt mit aufgesperrten Analsiphon- und Branchialöffnungen. Der weit ausgestreckte Fuss ist ganz schlaff und die Reizbarkeit ist über dem ganzen Körper erloschen. Das Thier ist also in eine tiefe Narkose versetzt. Aber noch sind jedoch die Wimpern in beinahe unveränderter Thätigkeit. Das zeigt uns der Pendelversuch. Wenn wir den ausfliessenden Wasserstrom auf gewöhnliche Weise photographisch registriren, bekommen wir eine Kurve wie in Fig. 15, Pl. III. Diese Kurve umfasst drei Minuten. Gleich sehen wir, dass diese von einem mit Äther anästhesierten Individuum herrührende Kurve nahe mit der von einem ruhig liegenden normalen Muschel übereinstimmt (Taf. I, Fig. 1). Wir haben dieselben

regelmässigen Wellenbewegungen, die hier aber nur etwa neun bis zehn Mal in der Minute eintraten. Allein eine interessante Verschiedenheit liegt indessen auch zwischen diesen Kurven vor. In der Kurve vom ätherbetäubten Individuum sehen wir am hinteren Theil jeder Welle, eine kleine Wellenbewegung, die ohne Zweifel von der Bewegung der Vorhöfe verursacht ist. Dass diese Vorhofwellen bei der normalen Muschel in der Stromkurve nicht zum Ausdruck kommen, dürfte wohl davon abhängig sein, dass hier der Erschlaffungszustand des Körpers nicht so vollständig ist wie bei der narkotisirten Muschel. Ferner sehen wir auch, dass die Kurve der ätherbetäubten *Najade* sich auf derselben Höhe hält. Niemals treten Abfälle oder Steigungen ein. Aus diesem Verhältnisse können wir somit schliessen, was wir schon hervorgehoben haben, dass jede unregelmässige Bewegung in den Kurven von Muskelkontraktionen allein verursacht wird.

Um zuletzt zu sehen, wie die Stromkurve von dem betäubten Individuum sich beim Ausschalten der Herzbewegungen verhält, können wir vorsichtig mit einem scharfen feinen Bohrer durch die Schale gerade über dem Platz der Herzkammer eine kleine Öffnung machen und mit einer feinen Stilette das Herz punkturen. Dann hören auch die Wellenbewegungen an der Stromkurve auf. Diese verläuft jetzt völlig glatt.

Aus dem obengesagten geht somit hervor, dass die regelmässigen rhythmischen Wellen an der Stromkurve einer vollkommen ruhig liegenden Muschel durch die Herzbewegungen verursacht werden.

Die Wasserströme bei der gereizten Muschel.

Wie schon hervorgehoben wurde, ist es ziemlich schwer die Muscheln in den Zimmeraquarien in den Zustand der völligen Ruhe zu bringen. Es sind so viele Umstände, die auf die Thiere reizend einwirken können. Daher bekommt man auch, wenn man den Ausstrom registriert, gewöhnlich Kurven, die von denjenigen der wirklich ungeritzten Thiere ein sehr abweichendes Aussehen darbieten. Schon haben wir an einigen Kurven (Taf. I, Fig. 2–4) von solchen nach dem äusseren Aussehen zu urtheilen ruhig liegenden *Najaden* gefunden, dass die Wasserströmungen nicht mehr mit unveränderter Stärke fliessen. Es traten nämlich immer grössere oder kleinere mehr oder weniger steile Abfälle oder Steigungen ein. Der Strom wird jedoch nicht sistirt. Die Kurve sinkt nämlich nicht bis zur Nulllinie hinunter. Diese unregelmässigen Schwankungen der Kurve, die das Hervortreten der kleinen regelmässigen Herzbewegungen verhindern, werden wie erwähnt durch Muskelkontraktionen verursacht und diese werden ihrerseits durch Einwirkung verschiedener Reize ausgelöst, die sich oft unserer direkten Beobachtung entziehen. Die Stromkurven von solchen zwar ruhig liegenden, aber nicht ungeritzten Thieren führen somit unmittelbar zu den Kurven über, die die Strömungsverhältnisse bei Muscheln in vollem Reizzustand abspiegeln. In der Fig. 7, Taf. I ist der ausfliessende Wasser-

strom bei einem *Unio*individuum, das von aussen nicht merkbar gereizt wurde, während fünf Minuten registriert. Die Kurve zeigt mehr oder weniger regelmässige Schwankungen, aber ausserdem tritt etwa jede zweite Minute ein plötzlicher Abfall bis zur Nulllinie ein. Hierbei wurde der Ausstrom ohne eine vorausgegangene Adduktionsbewegung der Schalenklappen nur durch Zuschliessen des Analsipho's sistirt. Die Ausströmungsöffnung wurde aber unmittelbar aufgesperrt, wobei der Ausstrom allmählich nach etwa einer halben Minute seine frühere Stärke erreicht hatte, um bald wieder auf dieselbe Weise sistirt zu werden. So verlief der Strom während der zwanzig Minuten, wo er registriert wurde.

Die von mehreren Verff. ausgesprochene Meinung, dass die Wasserströme auch im Zustand vollkommener Ruhe von Zeit zu Zeit sistirt werden, ist aller Wahrscheinlichkeit nach aus Beobachtungen an solchen Muscheln in einem, wenn ich so sagen darf, latenten Reizzustand hervorgegangen.

Eine solche Intermittenz der Wasserströmungen finden wir auch bei den Muscheln, welche den Fuss ausgestreckt haben (Taf III, Fig. 16). In diesem Zustand werden nämlich die Strömungen, wie in dem vorigen Falle, von Zeit zu Zeit anscheinend, infolge spontan ausgelöster Muskelkontraktionen sistirt, wodurch die Aus- oder Einströmungsöffnungen oder beide Öffnungen geschlossen werden. Auch treten nicht selten Adduktionsbewegungen ein. Hierbei wird aber das Wasser gewöhnlich nicht durch die Analsipho- sondern nur durch die Branchialöffnung bezw. den Mantelschlitz hinausgepresst. Bevor die Adduktionsbewegung vorgenommen wird, schliesst nämlich das Thier den Analsipho zu. Wie wir später näher erläutern werden, können die Muscheln den Weg, durch welchen das Wasser bei den Adduktionsbewegungen hinausgepresst werden wird, bestimmen und bei verschiedenen Gelegenheiten strömt daher auch das Wasser durch verschiedene Öffnungen hinaus. In diesem Falle wird es, wie gesagt, gewöhnlich nur durch die Branchialöffnung hinausgespritzt. Daher sieht man auch im allgemeinen an den Kurven von Muscheln mit ausgestrecktem Fuss keinen Adduktionsgipfel, sondern nur plötzliche Abfälle bis zur Nulllinie. Als diese Kurve (Fig. 16) registriert wurde, trat indessen, wie ersichtlich, kurz nach der Mitte der vierten Minute eine Adduktionsbewegung ein, wobei das Wasser mit grosser Energie auch durch den Analsipho hinausgestossen wurde. Während der sechzehn Minuten, als der Ausstrom dieser Muschel registriert wurde, war auch diese die einzige solche Adduktionsbewegung, die vorgenommen wurde. Bei allen übrigen wurde das Wasser, nur durch die Branchialöffnung hinausgepresst und die Kurve zeigt nur steile Abfälle bis zur Nulllinie.

In den beiden letzt erwähnten Fällen (Taf. I, Fig. 7 und Taf. III, Fig. 16) wurden also die Thiere nicht merkbar von aussen gereizt. Sie befanden sich jedoch in einem Reizzustand, welcher offenbar von inneren Ursachen bedingt war. Wir gehen jetzt zu den Strömungskurven von solchen Muscheln über, die wirklich von aussen gereizt wurden.

Wenn wir z. B. eine *Najade* in eine mit frischem, aber mit feinvertheiltem Karmin versetztem Wasser gefüllte Glasschale überführen, so können wir die Wasser-

strömungen bei einer Muschel studiren, die von aussen mechanisch gereizt wird. Die mit dem eingehenden Wasserstrom hineingezogenen Karminkörnchen, die bekanntlich von den Kiemen abfiltrirt werden, reizen nämlich das Thier und, wenn wir den Ausstrom wie gewöhnlich registriren, bekommen wir also eine typische Reizstromkurve. Wie für die letzt erwähnten Kurven, so ist es auch für die Ausströmungskurven von auf diese Weise mechanisch gereizten Muschel charakteristisch, dass jede oder je zweite Minute ein plötzlicher Abfall bis zur Nulllinie eintritt. (Taf. III, Fig. 17). Diese Abfälle sind sehr oft oder sogar in der Regel von Adduktionsbewegungen bedingt. Der Analsipho wird aber hierbei auch im allgemeinen, bevor eine solche Bewegung vorgenommen wird, zugeschlossen und das Wasser nur durch die Branchialöffnung bez. den Mantelschlitz hinausgestossen. Daher zeigen auch diese Kurven keine Adduktionsgipfel, indem sich die Adduktionsbewegungen nur als steile Abfälle in der Kurve abspiegeln. Nach einer solchen Bewegung, wobei also die Strömungen sistirt werden, können die Aus- und Einströmungsöffnungen sich eine kürzere oder etwas längere Zeit zugeschlossen halten. Dann werden sie wieder auf ein Mal ganz geöffnet. Die Stromkurve erreicht nämlich plötzlich ihre frühere Höhe (Fig. 17).

Wenn man den Ausstrom bei einer auf diese Weise in einem Wasser, das nicht zu viel Karmin enthält, gereizten Muschel registriert, fällt es ferner in die Augen, dass die Kurve oft ungewöhnlich hoch liegt (Fig. 17), viel höher als bei den völlig ungereizten oder in einem von inneren Ursachen hervorgerufenen Reizzustande sich befindenden Muscheln. Dies hängt offenbar von dem Umstand ab, dass die kleinen an die Kiemenblätter gelangten Karmintheilchen die Wimperzellen der Kiemenleisten mechanisch reizen und hierdurch die Wimpern in eine viel lebhaftere Wirksamkeit als die normale versetzen. Daher müssen offenbar auch die Strömungen mit grösserer Stärke fliessen. Dass die Kiemenwimpern wirklich durch den mechanischen Reiz, den die kleinen Karminkörnchen ausüben, in eine lebhaftere Schlagwirksamkeit versetzt werden können, kann man direkt unter dem Mikroskop beobachten, wenn man nämlich ein frisch ausgeschnittenes Kiemenblattstückchen zuerst in reinem Wasser untersucht und dann einen Tropfen Karminwasser zusetzt.

Ein ganz anderes Aussehen zeigen die Ausströmungskurven von den *Najaden*, die chemisch gereizt werden. Gegen z. B. faulende Substanzen sind diese Thiere im höchsten Grade empfindlich. Ich habe daher als Reizmittel faulenden Fleischextrakt benutzt. Mittels der Pipette liess ich die *Najade* von Zeit zu Zeit, während gleichzeitig der Ausstrom registriert wurde, eine kleine Menge mit faulendem Fleischextrakt versetzten Wassers durch die Branchialöffnung einziehen. Die Fig. 18, Taf. III, stellt eine Kurve von einer auf diese Weise chemisch gereizten *Anodonta* dar. Die Gelegenheiten, wo faulendes Wasser durch die Pipette hinausgedrückt und vom Thier hineingezogen wurde, sind an der Kurve mit einem Kreuz bezeichnet.

Zuerst fällt an dieser Kurve in die Augen, dass jedes Mal, wo das Thier eine

kleine Kvantität des faulenden Wassers eingezogen hatte, eine Reaktion gleich folgte, die in der Kurve als ein Unterbrechen des Ausstromes hervortritt. Ferner sehen wir an der Kurve, dass das Sistiren der Strömungen auf zweierlei Weise vorgenommen wurde. Entweder sinkt die Kurve plötzlich bis zur Nulllinie hinab oder es stellt sich zuerst eine gipfelförmige Erhöhung und dann ein steiler Abfall ein. Diese Verschiedenheiten bilden die an der Kurve sichtbaren Folgen der zwei schon erwähnten verschiedenen Arten von Adduktionsbewegungen. Bei den Gelegenheiten, wo die Kurve wie am Ende der ersten, am Anfang der vierten Minute u. s. w. plötzlich zur Nulllinie sank, wurde der Analsipho zugeschlossen und dann eine Adduktionsbewegung vorgenommen, wobei das Wasser kräftig durch die Branchialöffnung bzw. den Mantelschlitz hinausgestossen wurde. Die gipfelförmigen Erhöhungen stellen dagegen solche Adduktionsbewegungen dar, bei welchen das Wasser auch durch den Analsipho hinausgepresst wurde. Für diese Reizstromkurven ist das Auftreten von vielen Adduktionsgipfeln sehr charakteristisch. Wir sehen auch, dass während der sieben Minuten, welche diese Kurve umfasst, nicht weniger als vier Mal solche Adduktionsbewegungen vorgenommen wurden. Das Wasser wird somit bei den auf diese Weise chemisch gereizten Muscheln oft durch den Analsipho hinausgestossen.

Wenn wir die hinsichtlich der Wasserströmungen bei den in Reizzustande sich befindenden Muscheln ermittelten Resultate zusammenfassen wollen, können wir sagen: Die Wasserströmungen laufen immer mehr oder weniger unregelmässig. Immer treten grössere oder kleinere Schwankungen ein, die von Muskelkontraktionen in den die Aus- und Einströmungsöffnungen begrenzenden Mantelrändern oder in den Kiemenblättern u. s. w. verursacht sind. Oft werden die Strömungen sistirt. Das Hemmen der Wasserströme kann entweder durch ein einfaches Zuschliessen der Analsipho- oder Branchialöffnung bez. der beiden Öffnungen oder durch eine gleichzeitig vorgenommene Adduktionsbewegung der Schalenklappen verursacht werden.

Die gewöhnliche Beschreibung des Resultates einer Adduktionsbewegung lautet bekanntlich, dass das Wasser hierbei durch alle Öffnungen entleert wird. Dies kann allerdings auch eintreffen und trifft besonders dann ein, wenn das Thier plötzlich von einem starken Reiz getroffen wird. Wie wir aber gefunden haben, können die Muscheln bei verschiedenen Gelegenheiten das Wasser durch verschiedene Öffnungen hinauspressen. Ob das Wasser bei einer Adduktionsbewegung durch die eine oder andere Öffnung hinausgestossen werden wird, hängt von der Stelle, wo der Reiz den Körper trifft oder allein von inneren vom centralen Nervensystem herrührenden Impulsen ab. Ich werde in diesem Zusammenhang nicht näher auf die Reizphysiologie der Muscheln eingehen, möchte aber nur in Bezug auf die Ausströmungswege des Wassers bei den Adduktionsbewegungen hervorheben, dass wenn ein Reiz die Mantelränder um die Branchialöffnung und die des grossen Mantelschlitzes oder die Kiemen- und Wände der infrabranhialen Kammer trifft,

eine Adduktionsbewegung ausgelöst wird, bei welcher das Wasser gewöhnlich allein durch die Branchialöffnung bez. den Mantelschlitz ausgepresst wird. Dies fanden wir auch bei der Untersuchung über die Ströme bei einer mittels Karminkörnchen mechanisch gereizten Muschel. Die in der infrabran- chialen Kammer angehäuften Karminpartikelchen verursachten früher oder später hier einen Reiz. Bei der infolge dessen eintretenden Adduktionsbewegung wurde zuerst der Analsipho zugeschlossen und dann das Wasser mit den Karmintheilchen aus der infrabran- chialen Kammer durch die aufgesperrte Branchialöffnung hinausgepresst. Beim Zusammenklappen der Schalen wird natürlich auch die suprabran- chiale Kammer verkleinert. Das Wasser muss somit auch theilweise aus dieser Kammer hinaus- strömen. Dies findet offenbar durch die spaltförmige Öffnung am freien Rand der aufsteigenden Lamelle des inneren Kiemenblattes statt. Es liegt auf der Hand, dass das Zuschliessen des Analsiphos und das Auspressen des Wassers allein durch die Branchialöffnung bei dieser und ähnlichen Gelegenheiten dadurch bedeutungs- voll ist, dass das Eindringen von Fremdkörpern in den interlamellaren Raum und in die suprabran- chialen Kammer verhindert wird.

Wenn aber ein Reiz den Analsipho allein trifft, oder wenn das Thier von z. B. in dem eingezogenen Wasser aufgelösten chemisch reizenden Stoffen, die in die suprabran- chialen Kammer mit dem Wasser hinaufdringen, gereizt wird, so wird bei der hierdurch verursachten Adduktionsbewegung das Wasser auch durch den Anal- sipho hinausgestossen. So fanden wir ja an den Ausströmungskurven von den mit faulenden Wasser gereizten *Najaden* immer viele Adduktionsgipfel.

Ein intressantes Verhalten zeigt uns eine *Najade*, die in Begriffe ist, sich in den Boden zu vergraben. Der Fuss ist weit hinausgestreckt und pflügt sich in den weichen Bodenschlamm hinein. Nach und nach macht das Thier hierbei Adduktions- bewegungen. Bei dieser Gelegenheit wird der Fuss oft ziemlich schnell hineinge- zogen, immer sowohl die Analsipho- wie Branchialöffnung zugeschlossen, nur der vordere Theil des Mantelschlitzes wird weit aufgesperrt. Dann kontrahiren sich schnell die Schliessmuskeln. Das Wasser wird mit grosser Gewalt durch den vor- deren Mantelschlitz hinausgepresst und wirft den durch die Bewegungen des Fusses erweichten Bodenschlamm auf. Durch eine solche abwechselnde Arbeit mit dem Fuss und mit dem durch Adduktionsbewegungen hervorgebrachten Wasserauspressen kommt die Muschel tiefer und tiefer in den Boden hinein. Wir sehen hier also, wie Adduktionsbewegungen ohne Zweifel infolge innerer vom cen- tralen Nervensystem herrührender Impulsen vorgenommen werden können und wie das Auspressen des Wassers von der Muschel in einer bestimmten Richtung dirigiert werden kann.

Wie bemerkt, werden wir in diesem Zusammenhang auf diese allerdings sehr intressanten und bisher gar nicht untersuchten Verhältnisse nicht näher eingehen, sondern kehren nach diesem Exkurs zu der Untersuchung über den Verlauf der Wasserströmungen bei der gereizten Muschel zurück.

Es wurde schon erwähnt, dass bei der Muschel im Reizzustand die Wasser-

strömungen oft sistirt werden. Wenn aber eine *Najade* in ein mit Karmin stark vermengtes Wasser oder in stark faulendes Wasser überführt und somit einem dauernden kräftigen Reiz ausgesetzt wird, so hören die Wasserströmungen bald auf, in dem das Thier seine Schale beinahe auf die ganze Zeit geschlossen hält. Dann und wann kann es zwar seine Schale öffnen und für eine kurze Weile eine ganz schwache Aus- und Einströmung erzeugen, bald aber tritt eine kräftige Adduktionsbewegung ein und die Schale wird wieder zugeschlossen. Die Frage taucht aber jetzt auf, ob die Wasserströmungen in der Mantelhöhle bei der Muschel mit zusammengeklappter Schale auch zum Stillstand gebracht sind?

Schon WILLIAMS¹⁾ hob hervor, dass, wenn die Schale geschlossen ist, das Wasser trotzdem aus der infrabranchialen zur suprabranchialen Kammer hinaufgetrieben wird, dass es aber von hier durch die spaltförmige Öffnung zwischen den freien Rändern der aufsteigenden Lamellen und den Mantellappen in die infrabranchiale Kammer zurückkommt. Diese Auffassung kann ich völlig bestätigen. Bei der zusammengeklappten Muschel sind die interfilamentären Öffnungen, die interlamellaren Räume u. s. w. nicht geschlossen, und da die Wirksamkeit der Wasser-treibenden Wimpern automatisch fortgeht, so muss offenbar eine Cirkulation des Wassers in der Mantelhöhle auf gewöhnliche Weise stattfinden. Hierbei zeigt sich die grosse Bedeutung der vorher erwähnten direkten Kommunikationsöffnung zwischen der supra- und infrabranchialen Kammer. Der Analsipho ist versperrt, und daher kann das Wasser nicht auf diesem Wege aus der suprabranchialen Kammer herauskommen, sondern muss seinen Weg durch die Öffnung an den oberen freien Rändern der aufsteigenden Lamellen zur infrabranchialen Kammer nehmen. Wir können aber die Richtigkeit dieser nur durch teoretische Überlegung gewonnenen Auffassung auch durch einen einfachen Versuch experimentell feststellen.

Wir setzen bei einer *Najade*, wie vorher beschrieben wurde, eine Glaskanüle in den Analsipho und drei solche in die Branchialöffnung hinein, binden die Schale zusammen und schliessen die ganze Schalenmündung mit Gips völlig zu. Wir haben bei einer auf diese Weise behandelten *Najade* schon den Ausstrom registriert und die Fig. 5, Taf. I zeigt uns die hierbei gewonnene Kurve. Sie liegt, wie ersichtlich, sehr niedrig, was offenbar davon abhängig ist, dass das Thier sich in einem Dauerreizzustand hält. Dann und wann treten kleine gipfförmige Erhöhungen ein, die hinsichtlich ihrer Form an die Adduktionsgipfel der Reizkurven erinnern. Sie sind jedoch viel niedriger als diese. Diese kleinen Gipfel werden ohne Zweifel durch kräftige Kontraktionen in den Kiemen und wahrscheinlich auch in den Mantellappen verursacht, durch welche die suprabranchiale Kammer plötzlich verkleinert wird. Hierbei können auch die Strömungen für eine kürzere Zeit sistirt werden (Taf. I, Fig. 5). An solchen Strömungskurven sehen wir aber nicht selten, dass die Kurve ein Stückchen unterhalb der Nulllinie sinkt und sich dort mehrere Sekunden hält. In diesem Falle schlägt natürlich das Pendel in entgegengesetzter

¹⁾ l. c.

Richtung über seine Ruhelage hinweg, indem seine runde Platte nach der Mündung der Glaskanüle gezogen und dort für eine Weile festgehalten wird. Eine solche Stellung des Pendels kann man nur dadurch erklären, dass die Kommunikationsöffnung am Rande der aufsteigenden Lamelle des inneren Kiemenblattes sich plötzlich geöffnet hat, wobei das Wasser anstatt aus der suprabranchialen Kammer nach aussen zu fließen auf dem erwähnten Wege in die infrabranchiale Kammer zurückströmt. Infolge dieser Strömungsveränderungen des Wassers wird ein wenig Wasser durch die Analsiphokanüle hineingezogen und das Pendel somit über seine Ruhelage in dieser Richtung gezogen.

Schliessen wir bei derselben *Najade* die Mündungen der drei Branchialglaskanülen mittels Deckel von Stanniolpapier zu, während wir den ausfliessenden Strom registriren, so finden wir bisweilen, wie die Kurve, wenn die Einströmung verhindert wird, auch bald ein Stückchen unter die Nulllinie sinkt und sich da eine Weile hält. Bei dieser Muschel, bei welcher wir die Einströmungskanüle versperrt haben, müssen wohl die Strömungsverhältnisse in der Mantelhöhle mit denjenigen übereinstimmen, welche bei der Muschel mit geschlossener Schale obwalten. Beim Zuschliessen der Einströmungskanülen wird die Ausströmung gleichzeitig sistirt. Die Kurve sinkt auf die Nulllinie. Danach öffnet sich die innere Kommunikation zwischen den beiden Mantelkammern und das Wasser strömt aus der supra- zu der infrabranchialen Kammer. Es entsteht ein Saugen von jener zu dieser Kammer, und ein wenig Wasser strömt durch die Analsiphokanüle hinein, infolge dessen wird das Pendel zu der Mündung dieser Kanüle gezogen und die Kurve sinkt unter die Nulllinie und hält sich da, so lange das Saugen in dieser Richtung stattfindet. Wir finden also, dass das Wasser auch bei der mit geschlossener Schale liegenden Muschel aus der infra- zur suprabranchialen Kammer getrieben wird, dass es aber von jener Kammer, da es nicht durch den Analsipho hinauskommen kann, durch die spaltförmige Öffnung an den oberen freien Rändern der aufsteigenden Lamellen der inneren Kiemenblätter in die infrabranchiale Kammer zurückströmt. Diese Wassercirkulation ist offenbar besonders für diejenigen Muscheln von grosser Bedeutung, welche im freien Zustand in der Natur oft infolge Schwankungen im Wasserstand gezwungen werden, stundenlang mit geschlossener Schale trocken zu sitzen.

Wenn wir zum Schluss die Hauptergebnisse dieser Untersuchung kurz zusammenfassen wollen, so können wir sagen:

1) Das Wasser strömt bei der ruhig liegenden Muschel nur durch den Analsipho hinaus, aber durch jede beliebige Öffnung, die in die infrabranchiale Kammer führt, hinein. Das Auswurfs-

wasser und die mit diesem folgenden Theilchen werden nicht mit dem eingehenden Wasserstrom vermengt.

2) Die beiden in entgegengesetzter Richtung fliessenden Strömungen sind von einander ganz abhängig.

3) In der Mantelhöhle strömt das Wasser aus der infrabran- chialen durch die interfilamentären Öffnungen zu der suprabran- chialen Kammer. Bei der ruhig liegenden Muschel sind keine in anderen Richtungen gehenden Strömungen merkbar.

4) Für die Erzeugung der Wasserströmungen hat die palleale Bewimperung der infrabran- chialen Kammer keine Bedeutung. Muskelkontraktionen in den Kiemen oder in den Mantellappen tragen auch nicht hierzu bei.

5) In erster Hand durch die Wirksamkeit der Seitenwimpern an den Kiemenfilamenten und der Wimpern an den inneren Theilen der interfilamentären Kanäle oder Spalten und an der Innenseite der Lamellen werden die Wasserströmungen erzeugt. Hierzu tra- gen bei einigen Muscheln wahrscheinlich auch die pallealen Wim- pern in der suprabran- chialen Kammer ein wenig bei. In demselben Sinne dürften wohl auch die Randmembranellen wirken, obwohl ihre Hauptbedeutung eine andere zu sein scheint.

6) Die Randmembranellen stellen den Filtrierapparat der Kie- menblätter dar, indem sie das Eindringen von Fremdkörpern in den interlamellaren Raum vorallem hindern. Bei *Mytilus* spielen hierbei auch die am hinteren Rande der Filamente sitzenden Cirren eine nicht unwichtige Rolle.

7) Bei der völlig ungereizten Muschel fliessen die Strömungen mit konstanter Stärke. Die Herzbewegungen verursachen in der Stromkurve jedoch kleine regelmässige Wellenbewegungen. Schwankungen in der Stromstärke oder ein Sistiren der Ström- ungen treten nicht ein. Diese sind immer Reizerscheinungen und werden infolge Muskelkontraktionen verursacht.

8) Bei der gereizten Muschel gehen die Strömungen unregel- mässig. Die Stromkurve zeigt grössere oder kleinere Erhöhungen und Abfälle. Oft werden die Ströme sistirt.

9) Das Unterbrechen der Strömungen kann entweder durch Zuschliessen der Analsipho- oder Branchialöffnung oder beider Öffnungen oder endlich durch Zusammenklappen der Schalen ver- ursacht werden.

10) Die Adduktionsbewegungen können theils durch innere spontan ausgelöste Impulsen und theils durch von aussen herrühr- ende Reize hervorgerufen werden.

11) Der Ablauf der Adduktionsbewegungen kann bei verschiedenen Gelegenheiten verschieden sein. Entweder wird das Wasser durch alle Öffnungen hindurch oder es wird nur durch bestimmte Öffnungen hinausgestossen, indem die übrigen Öffnungen vor der Adduktionsbewegung verschlossen werden.

12) Bei der Muschel, welche ihre Schalen zugeklappt hat, findet in der Mantelhöhle eine Wassercirkulation statt. Das in die suprabranchialen Kammer hinaufgetriebene Wasser geht durch die spaltförmige Öffnung an den oberen freien Rändern der aufsteigenden Lamellen zur infrabranchialen Kammer zurück.

13) Diese Kommunikation zwischen den beiden Mantelkammern ist ausserdem bei den Adduktionsbewegungen von Bedeutung. Wenn der Überschuss des in der suprabranchialen Kammer befindlichen Wassers infolge des Zuschliessens des Analsiphos beim Zuklappen der Schalen nicht direkt hinaustreten kann, so wird es durch die erwähnten Kommunikationsspalten in die infrabranchiale Kammer hinausgepresst.



Tafelerklärung.

Die Kurven, welche das Ausströmen des Wassers durch den Analsipho bei den *Najaden* wiedergibt, sind photographisch registrirt. Die Nulllinie ist punktirt und die Zeit mit vertikalen Strichen angegeben. Sämmtliche Kurven sind von rechts zu lesen.

Tafel I.

- Fig. 1. Kurve von einer ganz ungereizten *Anodonta*. Schalenlänge 7,2 cm. Die Wassertemp. +14,5° C.
- Fig. 1, a. Ein Stückchen von derselben Kurve.
- Fig. 2. Kurve von einem *Unio*-individuum, das ruhig lag, aber sich nicht in einem ganz ungereizten Zustand befand. Schalenl. 7,2 cm. Wassert. +14,5° C.
- Fig. 3. Kurve von einem etwas mehr unruhigen *Unio*. Schalenl. 8,5 cm. Wassert. +13,8° C.
- Fig. 4. Kurve = Fig. 3. Schalenl. 8,9 cm. Wassert. +13,3° C.
- Fig. 5. Kurve von einem *Unio*, bei welchem 1 Kanüle in der Anal- und 3 Kanülen in der Branchialöffnung eingesetzt waren, die Schale umgebunden und der ganze Mantelschlitz zugegipst. Schalenl. 7,8 cm. Wassert. +15,2° C.
- Fig. 6. Ein Stückchen von der aufsteigenden Lamelle des äusseren Kiemenblattes bei *Mytilus*, die Bewegungen der Filamente zeigend. 1, 2, 3, 4 und 5 = Filamente; I, II, III und IV = Interfilamentäre Spalten.
- Fig. 7. Kurve von einem *Unio*-individuum, das nicht von aussen merkbar gereizt wurde, aber sich jedoch in einem Zustand von Unruhe befand. Schalenl. 8,3 cm. Wassert. +15,4° C.

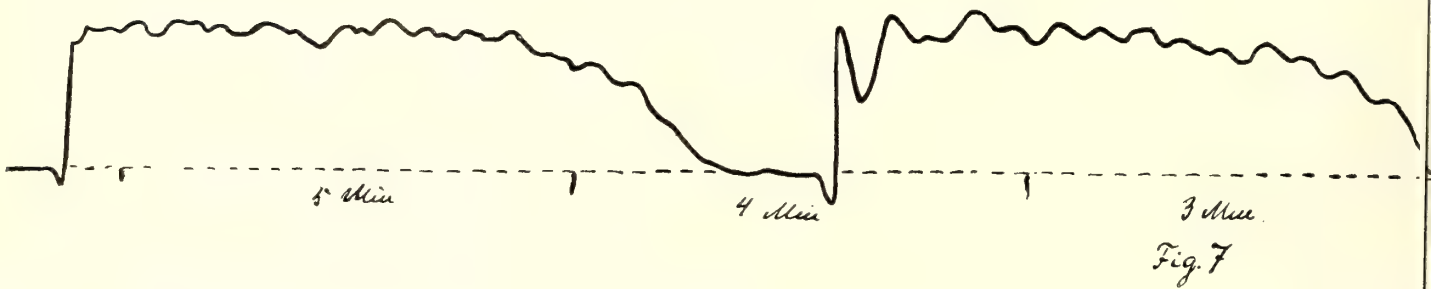
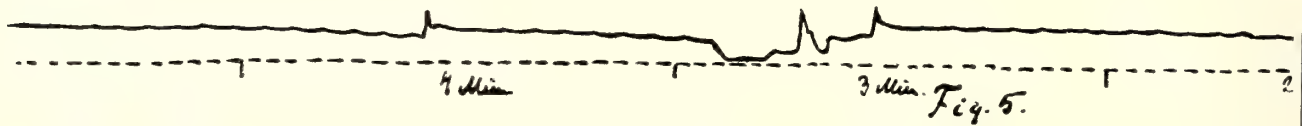
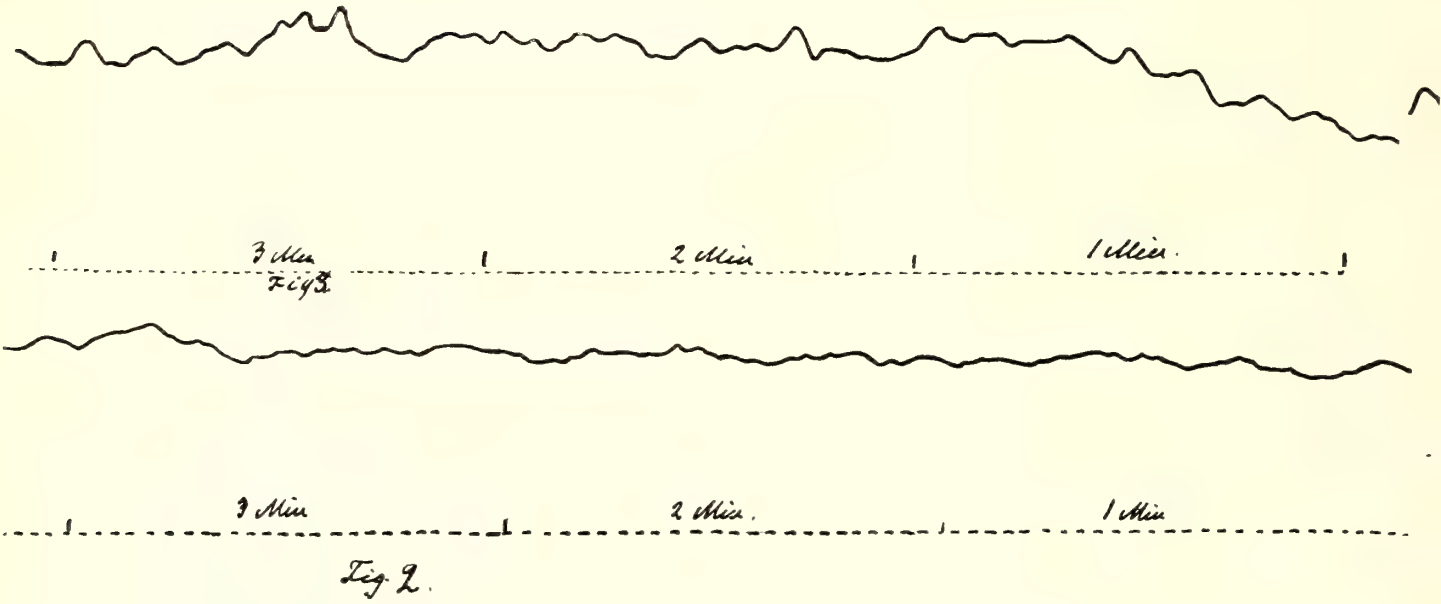
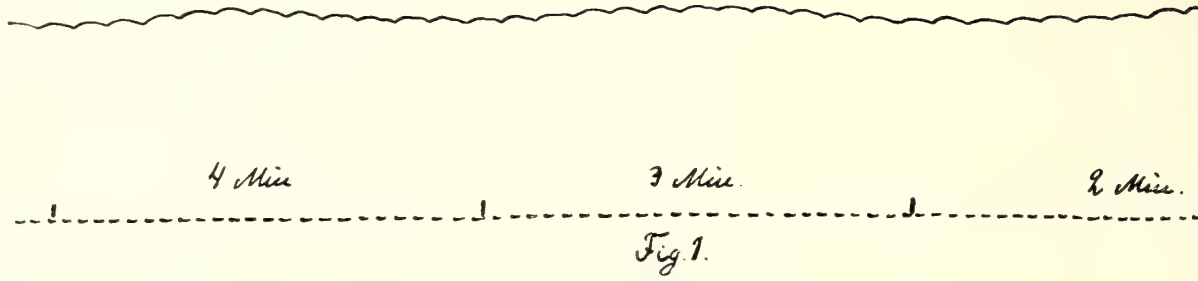
Tafel II.

- Fig. 8. Ein Filament aus der aufsteigenden Lamelle des äusseren Kiemenblattes bei *Anodonta*. Die Aussenbewimperung, die Randmembranellen (*Rm*) und Seitenwimpern (*Sw*) nur theilweise eingezeichnet. *F* = Filament; *iS* = Interfilamentäre Spalte; *Vr* = der vordere, *Hr* = der hintere Rand des Filamentes. ZEISS: Ocul. 4 + Objekt D*. Tubarl. 160 mm. Nach dem Leben gezeichnet.
- Fig. 9. Desgl. von *Mytilus*. LEITZ: Ocul. 0 + Apochr. 2 mm. Tubarl. 160 mm. Gezeichnet. = Fig. 8.
- Fig. 10. Der untere Theil zweier Filamente aus der absteigenden Lamelle des inneren Kiemenblattes bei *Mya*. In Fig. 8, 9 und 10 geben die punktirtten Pfeile die Schlagrichtung der Wimpern an. LEITZ: Ocul. 0 + Pantachr. Tubarl. 160 mm. Gezeichnet. = Fig. 8.
- Fig. 11. Eine Randmembranelle, von der Seite gesehen. *Unio*. ZEISS: Comp. Ocul. 6 + Homog.-Immers. 2 mm. Tubarl. 160 mm.
- Fig. 12. Zwei Randmembranellen, von ihrem äusseren Rand gesehen. *Unio*. Vergröss. = Fig. 11. Fig. 11 u. 12 nach dem Leben gezeichnet.

- Fig. 13. Ein Stückchen von der aufsteigenden Lamelle des äusseren Kiemenblattes, von der inneren Seite gesehen. *Unio*. *M* = die inneren Mündungen der interfilamentären Kanälchen. *V* und *H* = der nach vorn und nach hinten gewendete Theil des Kiemenblattes. LEITZ: Ocul. 3 + Pantachr. Tubarl. 160 mm.
- Fig. 14. Ein Stückchen aus der aufsteigenden Lamelle des äusseren Kiemenblattes am oberen Theil, nahe dem freien Rand. *Rs* = Ein Theil des Randsaumes; *F* = Filament; *V* und *H* = der nach vorn und nach hinten gewendete Theil des Filamentes. LEITZ: Comp. Ocul. 6 + Apochrom. 2 mm. Tubarl. 160 mm. Nach dem Leben gezeichnet.

Tafel III.

- Fig. 15. Kurve von einem mit Äther betäubten *Unio*-individuum. Schalenl. 8,3 cm. Wassert. + 14,2° C.
- Fig. 16 und 16 a. Kurve von einer *Anodonta*, die mit ausgestrecktem Fuss lag. Fig. 16 a bildet die Fortsetzung der Kurve Fig. 16. Schalenl. 7,7 cm. Wassert. + 15,2° C.
- Fig. 17. Kurve von einer in Karminwasser liegenden *Anodonta*. Schalenl. 7,2 cm. Wassert. + 12,8° C.
- Fig. 18. Kurve von einer mit faulem Fleischextrakt gereizten *Anodonta*. Die Kreuze an der Kurve bezeichnen die Gelegenheiten, wo die Muschel faulendes Wasser durch die Branchialöffnung einzog. Schalenl. 8,4 cm. Wassert. + 15,2° C.



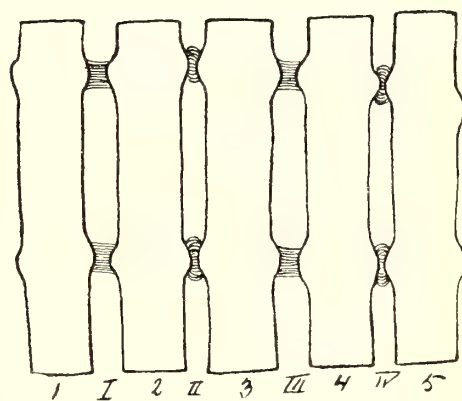
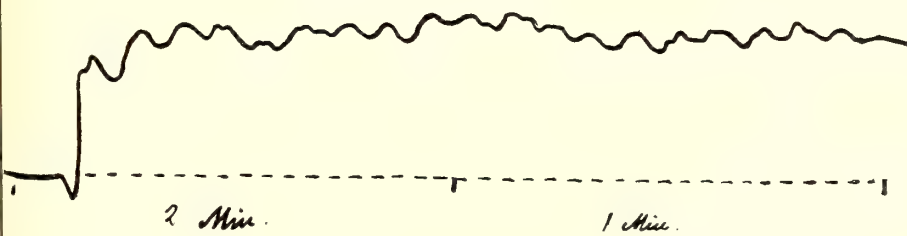
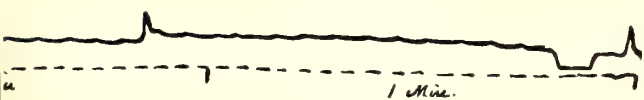
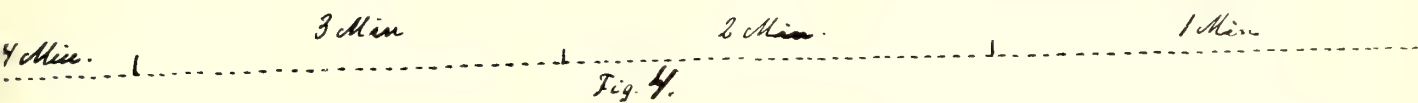
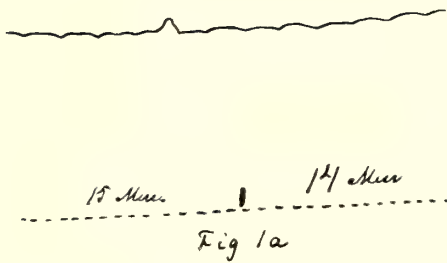
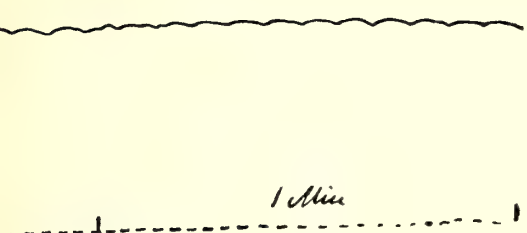


Fig 6

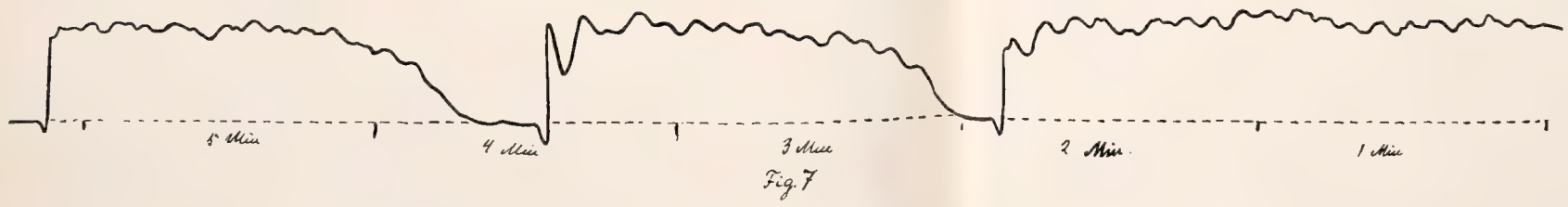
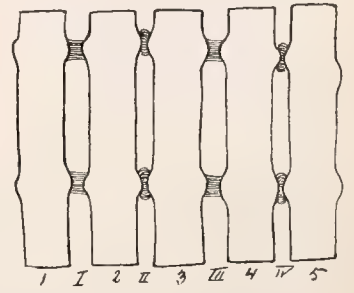
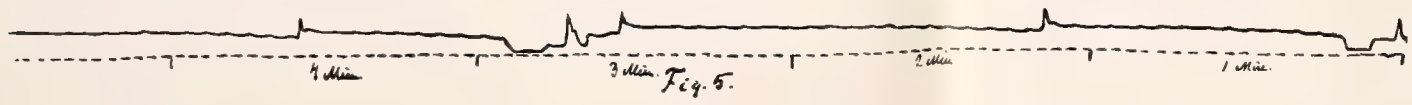
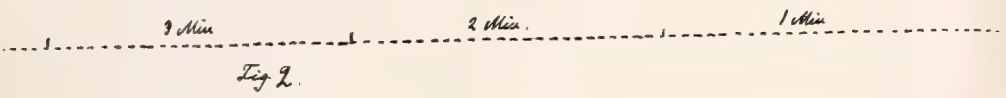
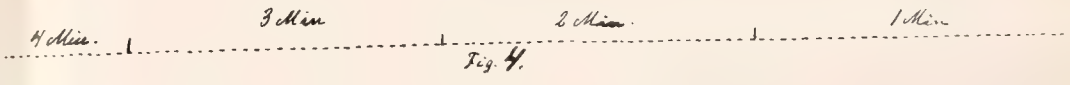
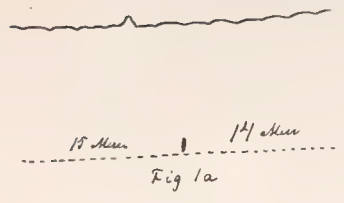
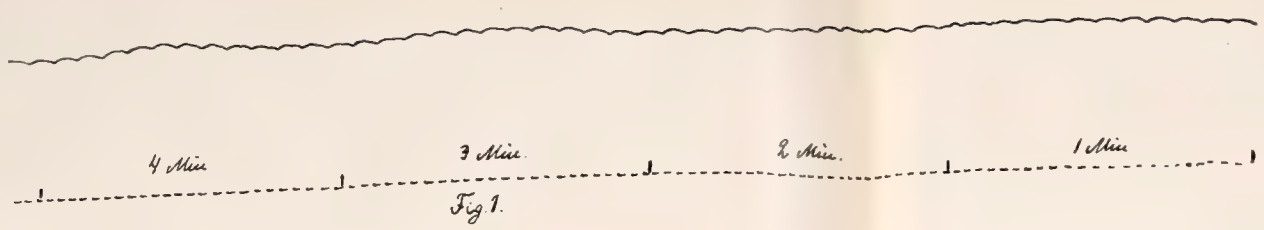


Fig. 6

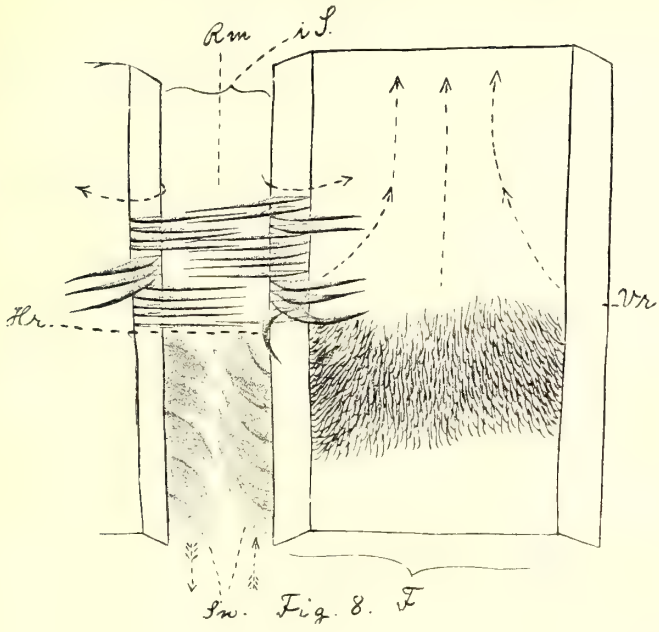


Fig. 8. F

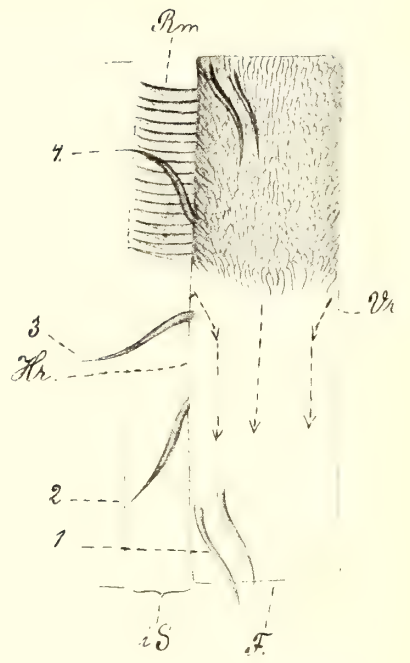


Fig. 9



Fig. 11.



Fig. 12.

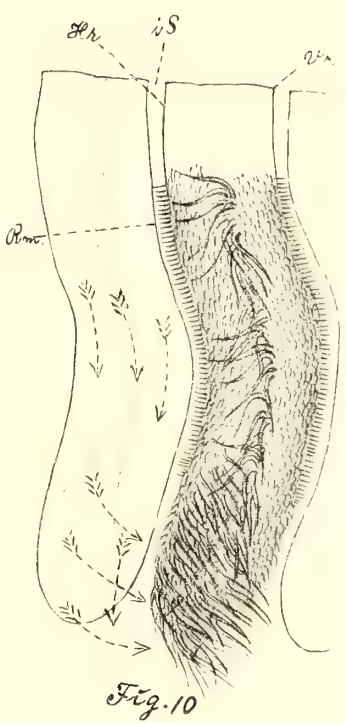


Fig. 10

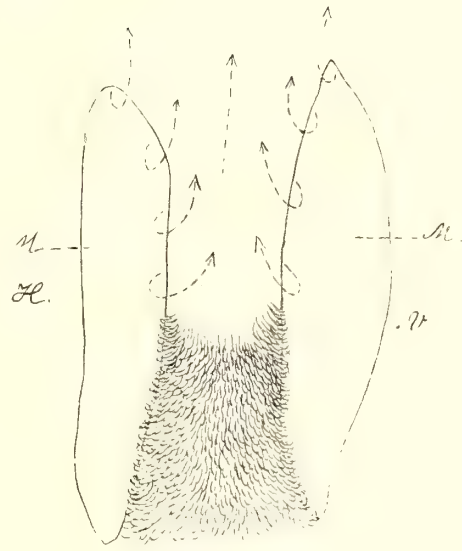


Fig. 13.

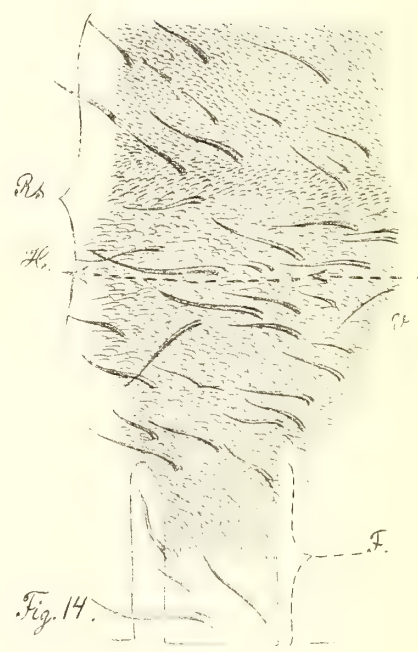
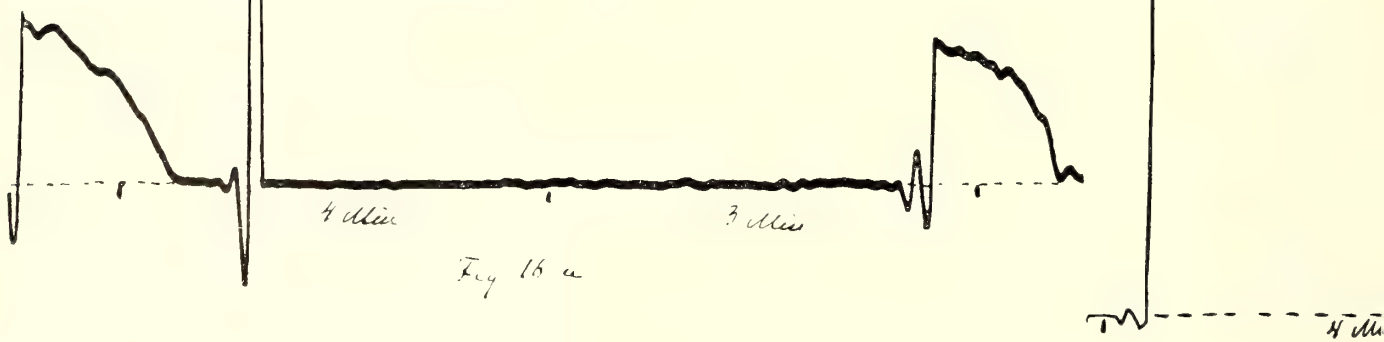
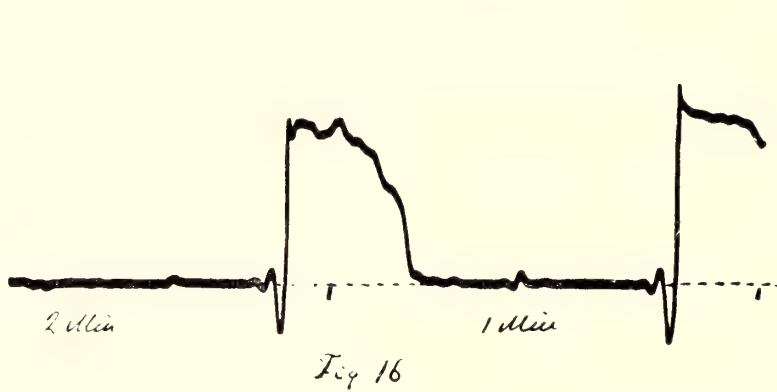
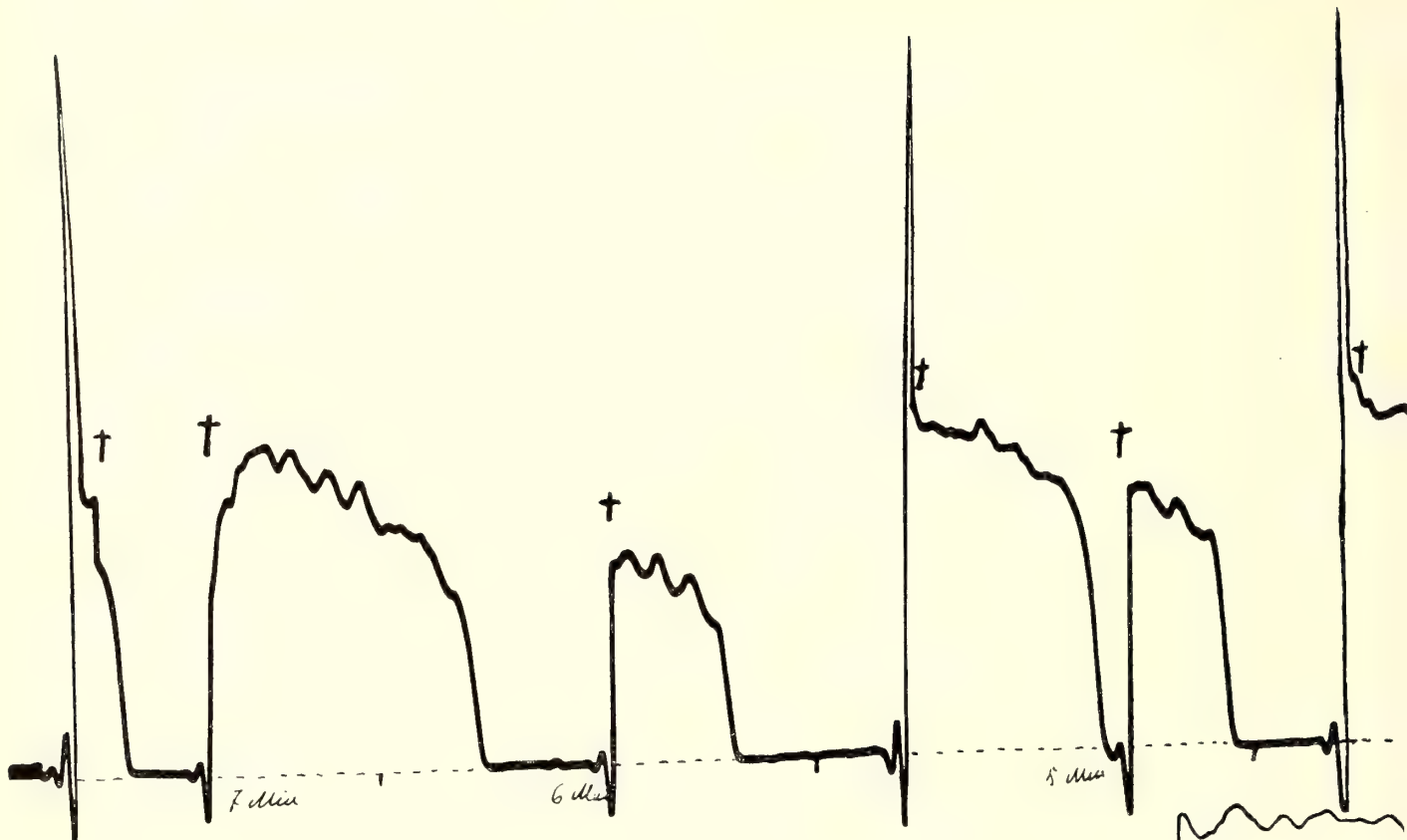
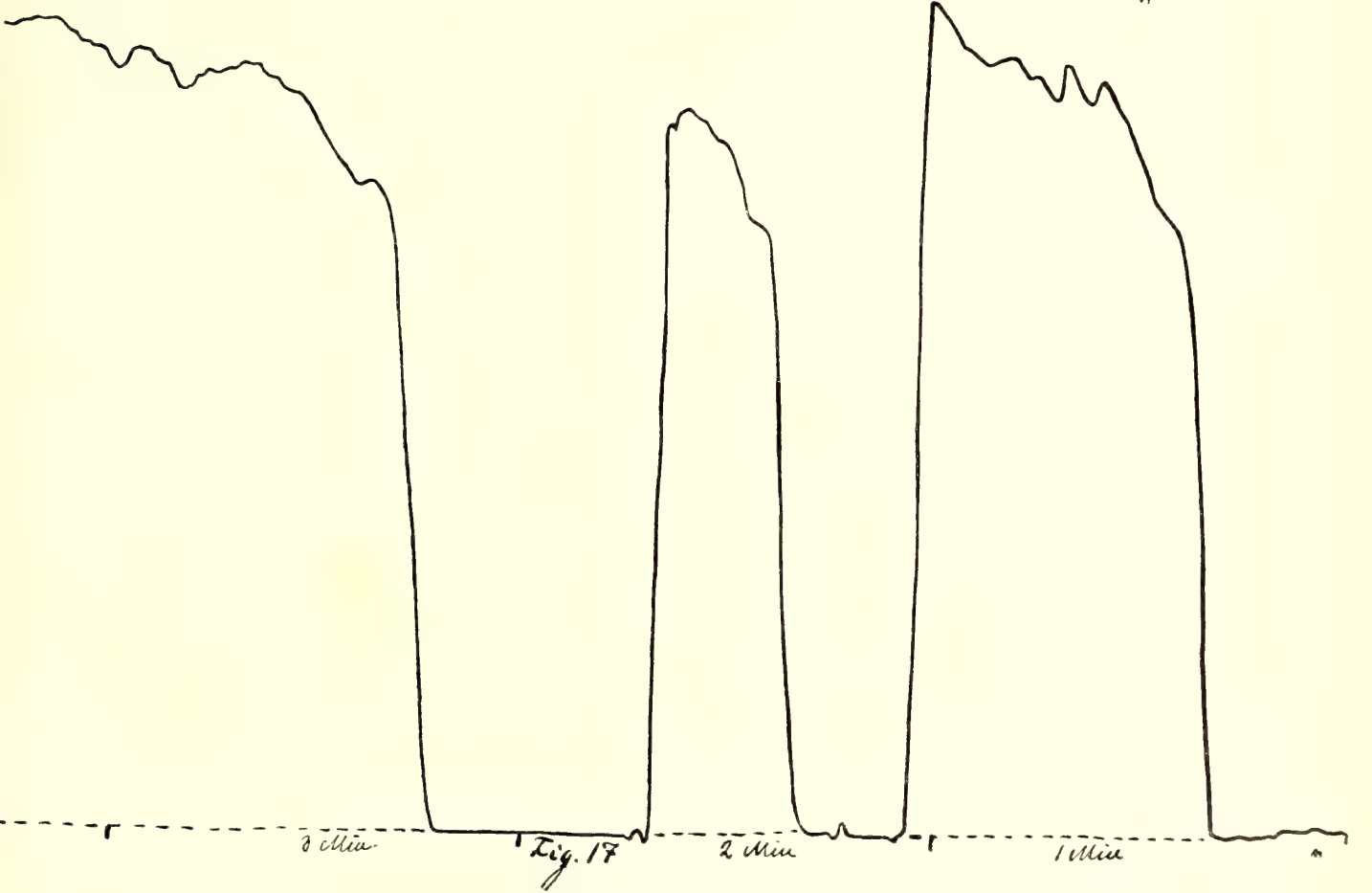
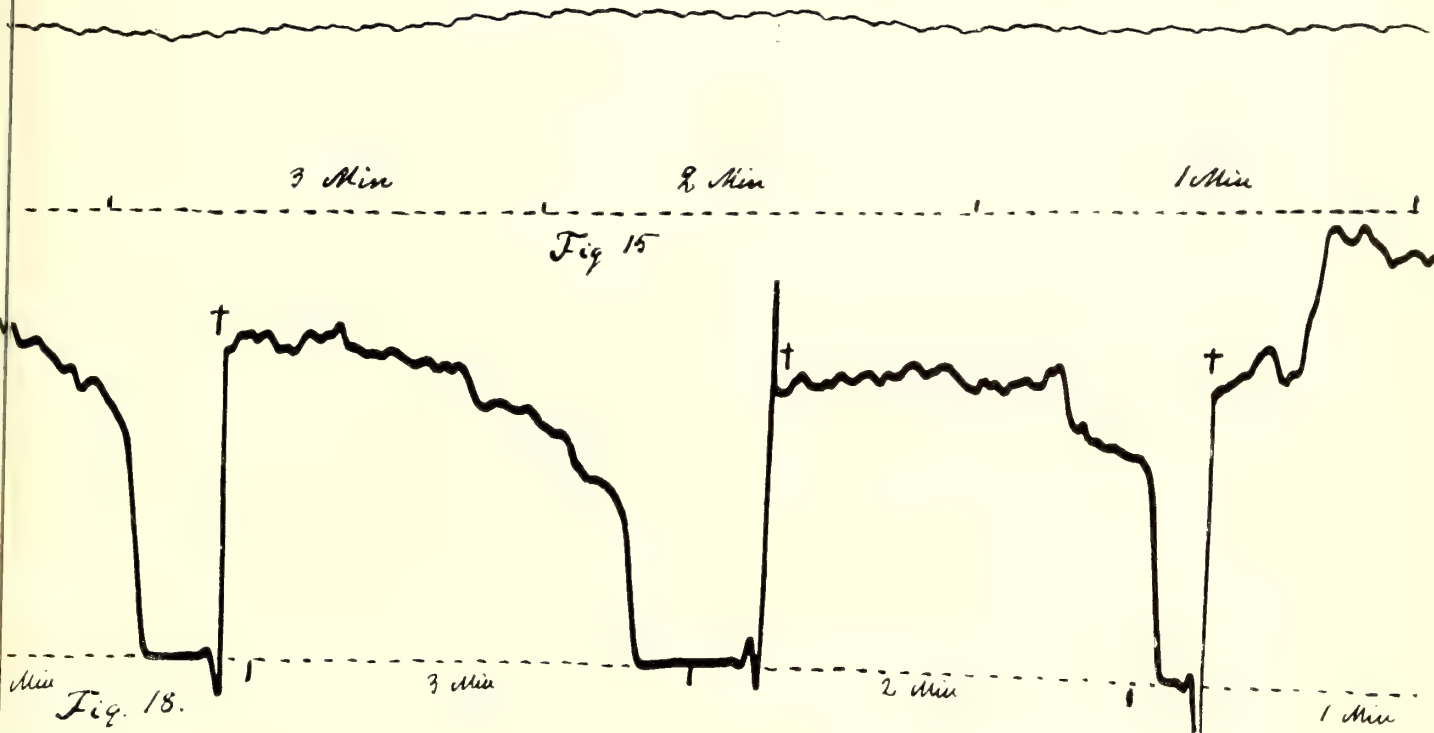
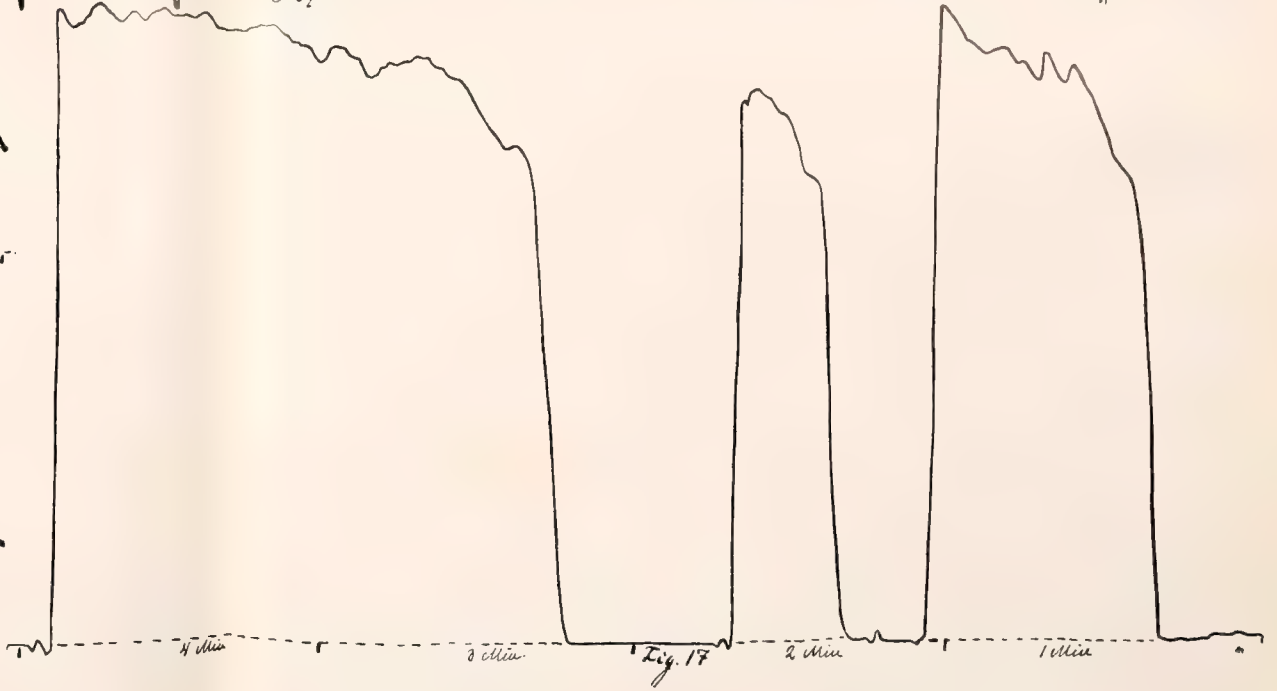
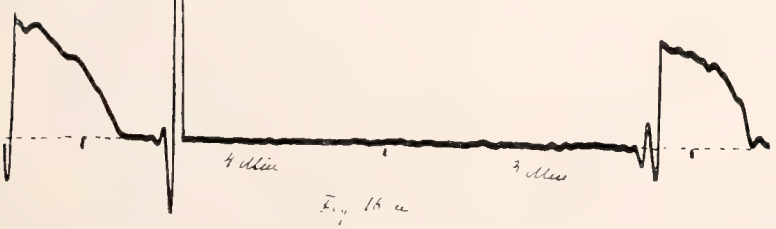
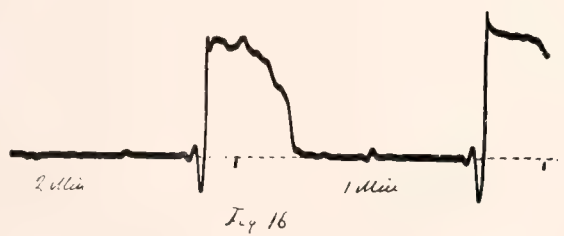
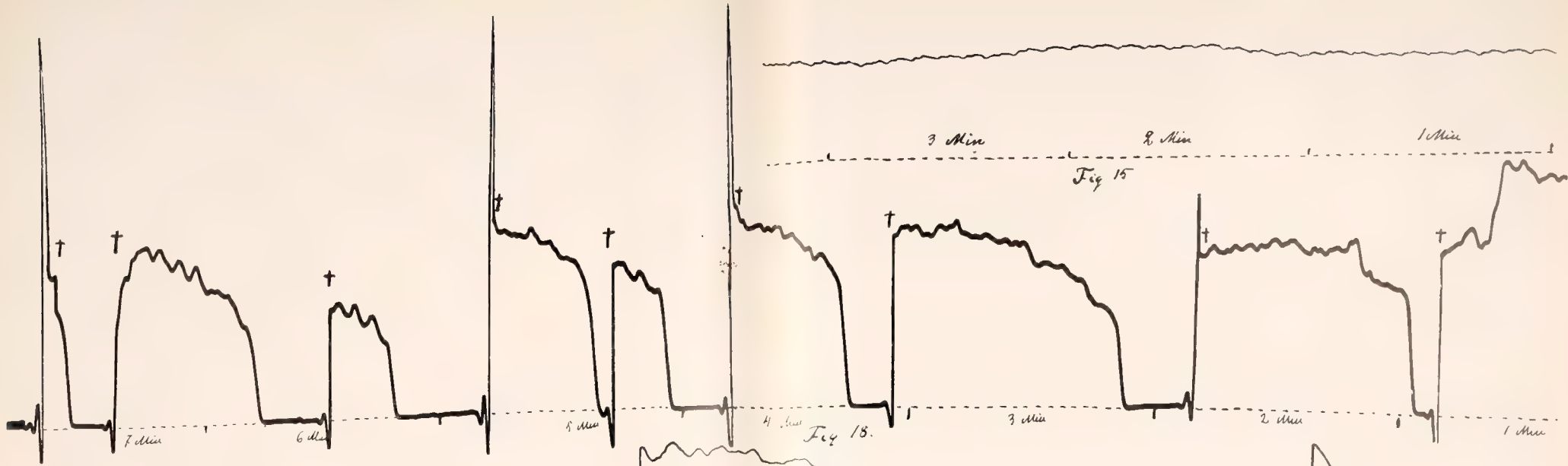


Fig. 14.







LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 1. Nr 3.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 16. Nr 3.

ZUR BIOLOGIE DER MUSCHELN.

II.

DIE NAHRUNGS-AUFNAHME.

VON

HANS WALLENGREN.

LUND 1905
HAKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI.

Die Bedeutung der Kiemen für die Nahrungsaufnahme.

Schon die älteren Verff. (SHARPEY¹⁾, ALDER und HANCOCK²⁾, WILLIAMS³⁾ u. a.) hatten beobachtet, dass die mit dem eingehenden Wasserstrom in die infra-branchiale Kammer hineingezogenen Fremdkörper bez. Nahrungstheilchen von den Kiemenblättern aus dem ausfliessenden Wasserstrom abgeseiht wurden und an der Oberfläche der Kiemen zurückblieben, um nach unten zu den freien Kiemenblatträndern und danach weiter vorwärts nach dem Mund transportirt zu werden. Im ersten Theil dieser Arbeit⁴⁾ wurde auch gezeigt, dass es vor allem die Randmembranellen sind, durch deren Wirksamkeit die kleinen Körperchen verhindert werden mit dem Wasser durch die interfilamentären Öffnungen in den interlamellaren Raum hineinzudringen, und dass die hierbei abgeseihten Körperchen von den Aussenwimpern der Kiemenfilamente gegriffen werden. Da ferner, wie auch gezeigt wurde, alles in die interfilamentäre Kammer hineingekommene Wasser zu den Kiemenblättern gezogen wird, so gelangen offenbar in kurzer Zeit alle darin suspendirten Partikelchen zur Oberfläche der Kiemenblätter. Hier werden somit auch die kleinen Organismen, die den Muscheln als Nahrung dienen, gesammelt.

In der Literatur liegen aber einige Angaben vor, nach welchen diese Bedeutung der Kiemen für die Nahrungsaufnahme in Abrede gestellt wird. M'ALPINE⁵⁾ hat, wie schon vorher SHARPEY, bei *Mytilus* beobachtet, dass wenn man feines Kohlenpulver auf die Kiemen bringt, die feinsten Partikelchen durch die interfilamentären Spalten hindurch mit dem durch den Analsipho ausfliessenden Wasserstrom folgt und hebt infolgedessen hervor, dass es ihm zweifelhaft erscheint, ob die Kiemen eigentlich dazu dienen können, die Nahrungstheilchen aufzufangen, da sie die kleinen Theilchen, die zur Nahrung am meisten geeignet sind, durch ihr Gitter

¹⁾ R. TODD: The Cyclopædia of Anatomy and Physiology, London 1836, vol. 1. p. 621—623.

²⁾ On the Branchial Currents in *Pholas* and *Mya*: Ann. and Mag. of Nat. Hist. Vol. 8, 1851, p. 374—375.

³⁾ On the mechanism of Aquatic Respiration: Ann. and Mag. of Nat. Hist. Vol. 14, 1854, p. 49—50.

⁴⁾ Fysiogr. Sällsk:s Handl. N. F. Bd. 16, Nr 2, 1905.

⁵⁾ Observations on the Movements of the Entire Detached Animal etc.: Proc. of the Royal Soc. of Edinburgh, Bd. 15, 1887—1888, p. 194.

werk durchlassen. Von DREW¹⁾ liegen in Bezug auf die Funktion der Kiemen bei den *Protobranchiaten* auch Beobachtungen und Versuche vor, die daran deuten, dass bei diesen Muscheln die Kiemen nicht bei der Nahrungszufuhr wirksam sind.

Was die Beobachtungen M'ALPINES anbelangt, so muss ich bemerken, dass bei den von mir mittels feinvertheiltes Karmin an *Mytilus* vorgenommenen Versuchen nur sehr selten das ausströmende Wasser Spur von Karminfärbung zeigte, dass aber beim Aufmachen der Muschel nach »Karminfütterung« an der Oberfläche der Kiemenblätter Karminkörnchen immer massenhaft zu sehen waren. Da aber die interfilamentären Verbindungen bei diesen Muscheln nur wenig entwickelt sind, und infolgedessen die interfilamentären Öffnungen verhältnissmässig gross sind, kann es allerdings nicht selten eintreffen, dass die kleinsten Karmintheilchen das Kiemensieb durchgehen. Diese Partikelchen sind aber aller Wahrscheinlichkeit nach viel kleiner als die Organismen, welche diesem Thier als Nahrung dienen²⁾. Es steht somit fest, dass bei den Muscheln (die Protobranchiaten und vielleicht auch die Septibranchiaten ausgenommen) die Kiemen bei der Nahrungsaufnahme eine wichtige Rolle spielen.

Wie erwähnt, hatten schon die älteren Verff. das Fortführen der an den Kiemenblättern gesammelten Theilchen beobachtet, und nach BRONN³⁾ sollte dies durch Wasserströmungen bewirkt werden. Er nahm nämlich an, dass eine längs der Oberfläche der Kiemenblätter nach unten gehender Wasserstrom die Körperchen nach den freien Kiemenblatträndern und hier ein nach vorn längs der Marigrinne fließender Strom sie zwischen die Mundlappen treibt. Diese BRONN'sche Auffassung, dass das Fortführen der festen Theilchen durch Wasserströme vermittelt wird, hat sich bis auf die jüngste Zeit erhalten. Zwar hatte man schon vorher beobachtet, dass die kleinen Körperchen der schleimigen Oberfläche der Kiemen und der Mantellappen anhafteten und von den Wimpern weitergeführt wurden (GRIESBACH⁴⁾, OLT⁵⁾, COUPIN⁶⁾ u. a.), aber zuerst durch die wichtige Arbeit STENTAS⁷⁾ wurde festgestellt, dass dieser Transport nicht infolge irgendeiner Wasserströme stattfindet. STENTA hat nämlich gezeigt, dass man streng unterscheiden

¹⁾ Some Observations on the Habits, Anatomy and Embryology of Members of the Protobranchia: Anat. Anz. Bd. 15, 1899, N:o 24. — The Anatom., Habits and Embryology Yoldia limulata: Mem. fr. the Biol. Lab. of the Johns Hopkins Univ. Bd. 4, 1900.

²⁾ M'ALPINE l. c. p. 198—199. — RAUSCHENPLAT: Über die Nahrung von Thieren aus der Kieler-Bucht: Wissensch. Meeres untersuch., N. F., Bd V, Heft. 2. Kiel 1901.

³⁾ Die Klass. und Ordnung.: Bd 3, 1, Die Weichthiere, 1862, p. 375 und 380.

⁴⁾ Über das Gefässsystem und die Wasseraufnahme bei den Najaden und Mytiliden: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd 38, 1883, p. 25.

⁵⁾ Lebensweise und Entwicklung des Bitterlinges: Zeitschr. f. wiss. Zoolog., Bd. 55, 1893, p. 546.

⁶⁾ Sur l'élimination des matières étrangères chez les Acephales etc. Compt. Rend. d. séan. de l'Acad. des Scien., T. 117, Paris 1893, p. 374.

⁷⁾ Zur Kenntniss der Strömungen im Mantelraume der Lamellibranchiaten: Arbeit. aus dem Zool. Instit. der Univ. Wien etc. Bd 14, 1902. p. 211—240.

muss zwischen den eigentlichen Wasserströmen und den längs der flimmernden Flächen verlaufenden Strömungen, die er Wandströmungen nennt. Bei diesen Strömungen befinden sich nämlich die bewegten Theilchen stets in Schleimfäden, die an den Wimpern haften und von ihnen fortgeführt werden. Dieser Auffassung STENTAS möchte ich völlig beitreten. Die von den Kiemen abgeseihten kleinen festen Partikelchen werden bald von Schleim umgeben und oft zu langen Schleimfäden mit einander verbunden und direkt durch die Schläge der Wimpern, an welchen sie immer haften, weitergeführt. Dass der Transport somit nicht durch Wasserströmungen stattfindet, darüber kann man sich ohne Schwierigkeit überzeugen. Wenn man bei einer an der einen Seite entschälten *Najade* den Mantellappen rückwärts schlägt und in einer mit Wasser gefüllten Schale auf das äussere Kiemenblatt mittels der Pipette ein wenig Karminwasser träufelt, so sieht man, wie die kleinen Karmintheilchen gleich von dem Wimperstrom gegriffen nach oben transportirt werden. Man kann das umgebende ruhige Wasser in eine ziemlich lebhafte Bewegung versetzen, ohne dass die Karminschleimfäden vom Kiemenblatt weggeschwemmt werden. Mittels der Pipette können wir auch mit einem ziemlich kräftigen Wasserstrahl die Kiemenoberfläche bespritzen, ohne dass die karminhaltenden Schleimfäden weggespült werden. Ein anderes Verhältnis zeigt auch, dass dies Fortführen der Karmintheilchen wirklich direkt durch die mechanischen Wirkungen der Wimperschläge verursacht wird. Wenn wir an einem ganz schmalen Streifen z. B. längs der Mitte des Kiemenblattes die Wimpern zerstören, so finden wir nämlich, dass die Karmintheilchen nicht über diesen Streifen hinaufdringen können. Die oberhalb der zerstörten Stelle sitzenden Wimpern können nämlich bei ihren nach unten erfolgten Bewegungen die unterhalb derselben sitzenden Wimpern und somit auch die diesen anhaftenden Theilchen nicht erreichen. Das Fortführen der festen Theilchen findet somit direkt durch die Schlagwirksamkeit der Wimpern statt. An den verschiedenen Theilen der Kiemenblätter schlagen aber die Wimpern in verschiedenen Richtungen. Es entsteht somit an den Kiemen in verschiedenen Richtungen fortlaufende Wandströmungen. Aber auch an der Innenseite der Mantellappen finden wir solche. Unter diesen Kiemen- und Mantelströmungen können wir zwei Hauptrichtungen nach vorn und nach hinten unterscheiden. Die nach vorn in der Richtung gegen den Mund gehenden nenne ich zuführende und die gewöhnlich nach hinten und aussen verlaufenden ausführende Strömungen. Den Verlauf dieser Wandströmungen wollen wir im folgenden näher ins Auge fassen.

Die Wandströmungen.

Die Wandströmungen an den Kiemenblättern.

Von den älteren Verff. wurden bei den *Najaden* nur die längs den freien unteren Kiemenblatträndern in den dortigen Marginalrinnen nach vorn gehenden

Strömungen beobachtet. Hinsichtlich der von den an den verschiedenen Kiemenblättern in verschiedenen Richtungen schlagenden Wimpern erzeugten Strömungen hatte man noch keine nähere Kenntnis gewonnen. Noch im Jahre 1886 konnte THIELE ¹⁾ in Bezug auf die Körnchen an der Oberfläche der Kiemenblätter bei den *Najaden* sagen, dass sie an der Fläche des äusseren Kiemenblattes nach dem freien Rand getrieben wurden. Er hatte jedoch offenbar beobachtet, dass am Rande dieses Kiemenblattes keine nach vorn gehende Strömung vorhanden ist. Zuerst durch die Arbeit OLTS ²⁾ wurden bei diesen Muscheln die Wandströmungen an den Kiemenblättern näher untersucht. OLT zeigte nämlich, dass an der lateralen Seite des äusseren Kiemenblattes die Stromrichtung nach oben geht und dass somit die Körnchen zu der Rinne zwischen den Mantellappen und diesen Kiemenblättern hinaufgetrieben werden. In dieser Rinne, die er Kiemenmantelrinne nannte, beobachtete er einen Körnchentransport nach vorn. An der Innenfläche desselben Kiemenblattes werden die Theilchen ebenfalls nach oben getrieben und gehen an der Kiemenachse weiter auf die Aussenseite des inneren Kiemenblattes über, wo sie abwärts bis zum freien Kiemenrand transportirt werden. Auf der Innenfläche dieses Kiemenblattes gehen die Strömungen in derselben Richtung nach unten. An diesen Kiemenrand sammelt sich nach OLT alles Material von der Innenfläche des äusseren und von den beiden Seiten des inneren Kiemenblattes und wird in der Marginalrinne nach vorn bis zu den Mundlappen geführt. Nach OLT haben wir somit an den Kiemenblättern bei den *Najaden* vier zuführende Hauptströmungen, eine in jeder Kiemenmantelrinne und eine in der Marginalrinne jedes inneren Kiemenblattes.

Offenbar ohne diese Arbeit OLTS zu kennen hat STENTA in seiner oft erwähnten Abhandlung auch die Wandströmungen der Kiemen bei den *Najaden* beschrieben. Seine Darstellung der zufließenden Strömungen weicht von der OLT'schen in so weit ab, dass er nur zwei zuführende Hauptströmungen annimmt, nämlich die der Marginalrinnen der beiden inneren Kiemenblätter. An den aufsteigenden Lamellen der äusseren Kiemenblätter werden nach STENTA die Fremdkörper zwar nach oben getrieben, aber in der Kiemenmantelrinne gehen sie auf die Innenfläche der Mantellappen über und gelangen zuletzt in die untere Rückströmung hinein. Die aufsteigende Lamelle des äusseren Kiemenblattes würde somit dem Stromgebiet der ausführenden Strömungen zugehören. Wir sehen also, dass nicht ein mal bei diesen unseren gewöhnlichsten Muscheln die Angaben der verschiedenen Verff. hinsichtlich dieser für die Nahrungszufuhr wichtigen Erscheinungen übereinstimmen. Daher scheint es nöthig, auf die Strömungsverhältnisse auch bei diesen Muscheln näher einzugehen.

An einer *Anodonta* nehmen wir die eine Schalenklappe ab, legen die Muschel in eine mit Wasser gefüllte Glasschale, deren Boden mit einer dichten Lage von Wachs versehen ist, schlagen den Mantellappen rückwärts und befestigen ihn in

¹⁾ l. c. p. 265.

²⁾ l. c.

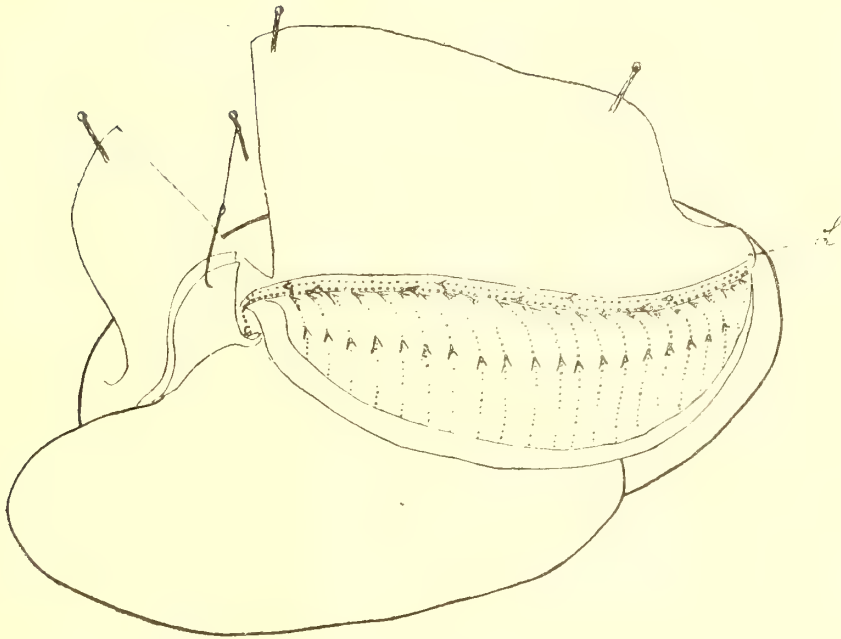


Fig. A. *Anodonta*. Das äussere Kiemenblatt blossgelegt. L = die erhöhte Leiste am oberen Theil der Mantellappen, welche die Kiemenmantelrinne begrenzt.

dieser Stellung (Fig. A). Dann träufeln wir mittels der Pipette etwas Karminwasser auf die Aussenseite des äusseren Kiemenblattes. Die Körnchen werden gleich nach oben getrieben. An den oberen Rand angelangt, wo die aufsteigende Kiemen-

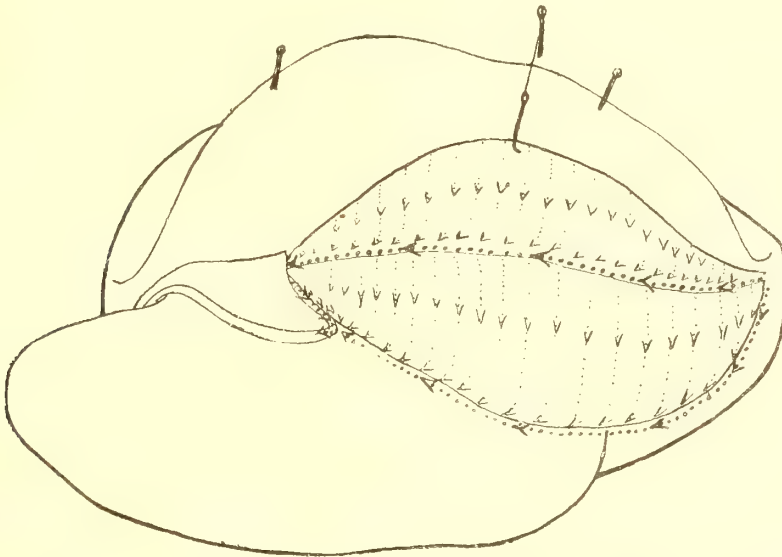


Fig. B. *Anodonta*. Das äussere Kiemenblatt rückwärts geschlagen, so dass man seine innere und die äussere Seite des inneren Kiemenblattes sieht.

lamelle mit dem Mantellappen verwachsen ist, werden sie von einem nach vorn gehenden Wimperstrom gegriffen und bis zu den Mundlappen fortgeführt (Fig. A). Wie OLT schon beobachtete, ist somit in der Kiemenmantelrinne eine vorwärts fließende Hauptströmung vorhanden. Die Körnchen gehen nicht, wie STENTA annimmt, an die Oberfläche des Mantels hinaus. Längs dem basalen Theil des Mantellappens ein Stückchen ausserhalb der Verwachsungslinie der Kiemenlamelle ist nämlich eine etwas erhöhte Leiste (Fig. A, *L*), die diese Rinne nach aussen begrenzt und somit das Hinausführen der Körnchen an den Mantellappen verhindert.

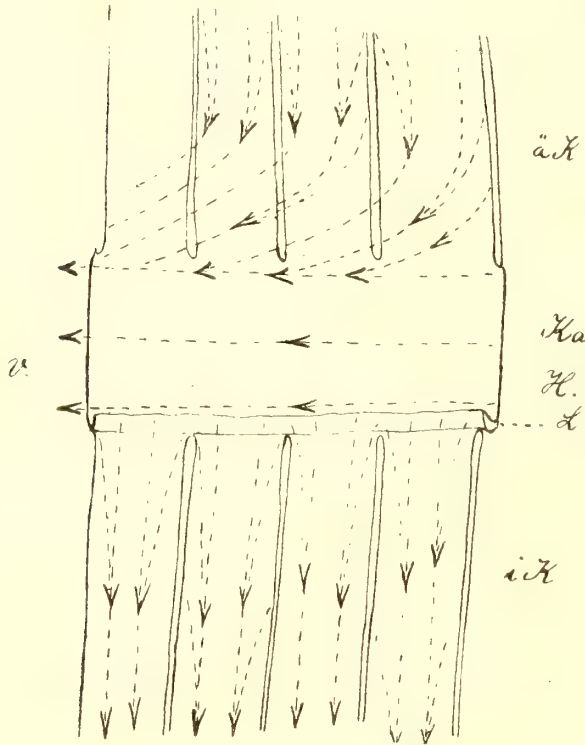


Fig. C. *Anodonta*: Ein Stückchen der Kieme mit der Kiemenachse (*Ka*), die Kiemenachsenrinne zeigend. *iK* und *aK* = inneres und äusseres Kiemenblatt. *L* = die Leiste an der Basis des inneren Kiemenblattes. *V* und *H* = der nach vorn und der nach hinten gewendete Theil der Kieme. ZEISS, Ocul. 3 + Obj. B. Tubarl. 160 mm.

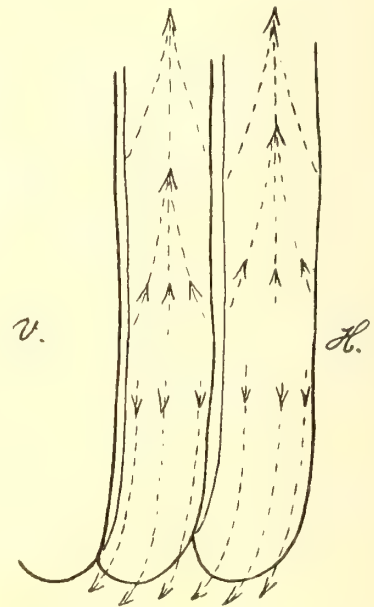


Fig. D. *Anodonta*: Ein Stückchen des unteren Theils des äusseren Kiemenblattes. Die Pfeile geben die Schlagrichtung der Wimpern an. *V* und *H* = der nach vorn und der nach hinten gewendete Theil des Kiemenblattes. ZEISS, Ocul. 3 + Obj. B. Tubarl. 160 mm.

Jetzt schlagen wir das äussere Kiemenblatt dorsalwärts um, befestigen es in dieser Stellung (Fig. B) und prüfen mit Karmin an der absteigende Lamelle dieses Blattes. Auch hier werden die Fremdkörper von nach oben gehenden Wimperströmungen gegriffen und nach der Kiemenachse transportirt. Hier treten sie aber nicht, wie OLT und STENTA glauben, an die absteigende Lamelle des inneren Kiemenblattes über, sondern kommen in eine längs der Kiemenachse nach vorn gehende Hauptströmung hinein und werden von dieser zu den Mundlappen fortgeführt

Längs der Basis der absteigenden Lamelle des inneren Kiemenblattes ist nämlich auch eine kleine erhöhte Leiste vorhanden, durch welche die Körnchen verhindert werden auf dieses Kiemenblatt hinüberzukommen. An der vorstehenden Fig. C sind diese Verhältnisse an einem vergrößerten Stückchen von der Kieme veranschaulicht. Es entsteht somit auch hier eine Rinne, die ich Kiemenachsenrinne bezeichnen will (Fig. C).

Die beiden Lamellen des äusseren Kiemenblattes hören also dem Gebiet der erwähnten zuführenden Strömungen zu. Hierzu möchte ich aber bemerken, dass am unteren Theil dieses Kiemenblattes die Wimpern jedoch nicht nach oben, sondern nach unten schlagen (Fig. D). Eine schmale Zone an beiden Seiten des freien Randes hört somit nicht den obenerwähnten Stromgebieten zu. Wie schon THIELE

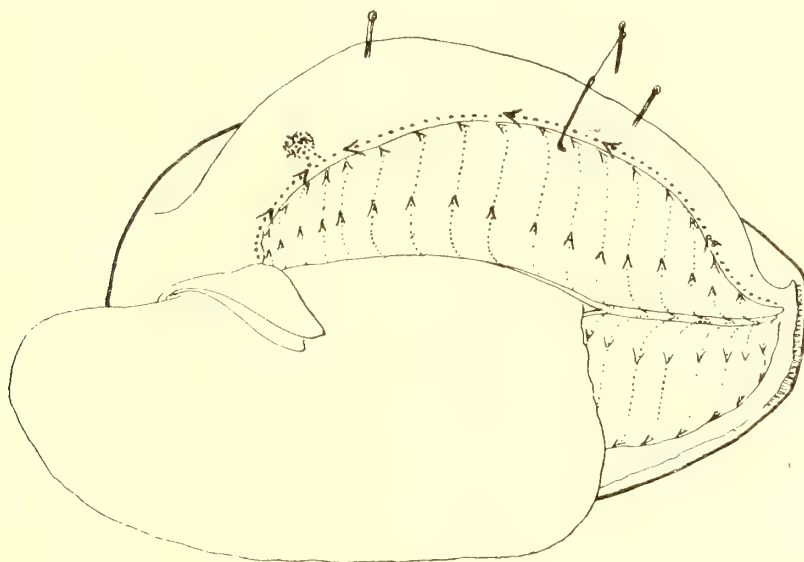


Fig. E. *Anodonta*: Der linke Mantellappen und die beiden Blätter der linken Kieme sind rückwärts geschlagen, so dass man die Innenseiten der inneren Kiemenblätter sieht.

beobachtete, ist an diesem Kiemenblatt, das eine Marginalrinne entbehrt, kein zuführender Randstrom vorhanden. Die zum Rande angelangten Fremdkörperchen werden nämlich von dem Kiemenblatt weggeschleudert.

An den beiden Lamellen des inneren Kiemenblattes gehen, wie von den früheren Verff. schon beobachtet wurde, die Körnchenströmungen nach unten (Fig. B und E). Alle die an dies Kiemenblatt angelangten Theilchen werden also zum freien Rand transportirt und kommen in die hier vorhandene Marginalrinne hinein. Hinsichtlich der in dieser vorhandenen Strömung wird gewöhnlich angegeben, dass sie in der Richtung nach vorn geht. Dies ist aber nicht ganz richtig. Wenn wir z. B. bei einer *Anodonta*, bei welcher die Kiemenblätter in der Stellung wie in Fig. E befestigt sind, mit Karmin die Marginalrinnenströmung prüfen, so finden

wir unschwer, dass diese zwar längs dem grössten Theil des Randes nach vorn fliesst, aber an dem vorderen Theil des Kiemenblattes, welcher zwischen den beiden Mundlappen liegt, geht die Marginalrinnenströmung nach hinten. An der Stelle des Kiemenblattrandes, welche am Hinterrande der Mundlappen liegt, treffen sich diese beiden in entgegengesetzter Richtung fliessenden Randströmungen, und hier werden auch die von ihnen mitgebrachten Fremdkörper nach aussen getrieben (Fig. E). Wenn aber die Kiemenblätter in ihrer natürlichen Lage von den Mundlappen umfasst sind, wird das Material zwischen die beiden Mundlappen entleert (Fig. B) und daher können wir auch diese in der Marginalrinne fliessenden Strömungen, obschon sie in entgegengesetzter Richtung gehen, als zuführend bezeichnen.

Wir haben also in Bezug auf die Strömungen bei den *Najaden* gefunden, dass nicht weniger als sechs zuführende Hauptströmungen vorhanden sind, die die an die Kiemenblättern angelangten Fremdkörper zu den Mundlappen führen: nämlich zwei Kiemenmantelrinnen-, zwei Kiemenachsenrinnen- und zwei Marginalrinnenströmungen. Zu dem Gebiet der Kiemenmantelrinnenströmung hört der grösste Theil der aufsteigenden und zu dem der Kiemenachsenrinnenströmung der grösste Theil der absteigenden Lamelle des äusseren Kiemenblattes. Die Marginalrinnenströmung bekommt ihr Material von den beiden Lamellen des inneren Kiemenblattes.

Bei *Mytilus* sind die Kiemenwandströmungen von M'ALPINE und STENTA näher beschrieben. M'ALPINE erwähnt, wie die festen Theilchen an den Flächen der Kiemenblätter nach unten getrieben werden und wie sie längs den Kiemenrändern bis zu den Mundlappen fortgeführt werden. STENTA hat ausserdem beobachtet, dass eine zuführende Strömung längs dem oberen freien Rand der aufsteigenden Lamelle jedes äusseren Kiemenblattes vorhanden ist. Nach STENTA giebt es somit sechs zuführende Hauptströmungen an den Kiemen bei *Mytilus*.

Wenn wir auf dieselbe Weise wie bei den *Najaden* die Oberflächenströmungen an den Kiemen bei *Mytilus* untersuchen, so finden wir gleich, dass auch an den beiden Seiten der äusseren Kiemenblätter die Körnehen nach unten getrieben werden und dass auch an den unteren Rändern dieser Kiemenblätter in den dortigen Marginalrinnen eine nach vorn zu den Mundlappen gehende Hauptströmung vorhanden ist (Fig. F). Sämmtliche Kiemenblätter sind somit hier mit zuführenden Randströmungen versehen und diese bekommen ihr Material von den beiden Lamellen jedes Kiemenblattes. Nicht die ganze Oberfläche der ab- und aufsteigenden Lamelle hört jedoch dem Stromgebiet der Marginalrinne zu.

Der freie Rand der aufsteigenden Lamelle jedes äusseren Kiemenblattes ist mit einem Saum versehen (Fig. F, *äS*)¹⁾. Dieser Saum bildet zwischen sich und dem oberen Theil der Lamelle eine nach unten offene Rinne, die äussere Saum-

¹⁾ H. WALLENGREN: Zur Biologie der Muscheln. I. Die Wasserströmungen; Kungl. Physiogr. Sällsk:s Handl., N. F., Bd. 16, 1905, p. 28.

rinne. In dieser Rinne geht, wie STENTA schon beobachtet, eine Hauptströmung nach vorn und sie bekommt ihr Material von einer schmalen Zone längs dem oberen Theil dieser Lamelle, indem hier die Wimpern nach oben schlagen (Fig. F). Ferner geht die Schlagrichtung an der Aussenseite des Saumes selbst nach unten und verhindert somit die in die Rinne hineingetriebenen Theilchen wieder hinauszukommen.

Auch am oberen freien Rande der aufsteigenden Lamelle jedes inneren Kiemenblattes ist ein ähnlicher Saum vorhanden und es bildet sich auch hier wie am äusseren Kiemenblatt eine Rinne, die innere Saumrinne, in welcher eine zuführende Strömung stattfindet (Fig. G, *iS*). Wie die äussere bekommt auch die innere Saum-

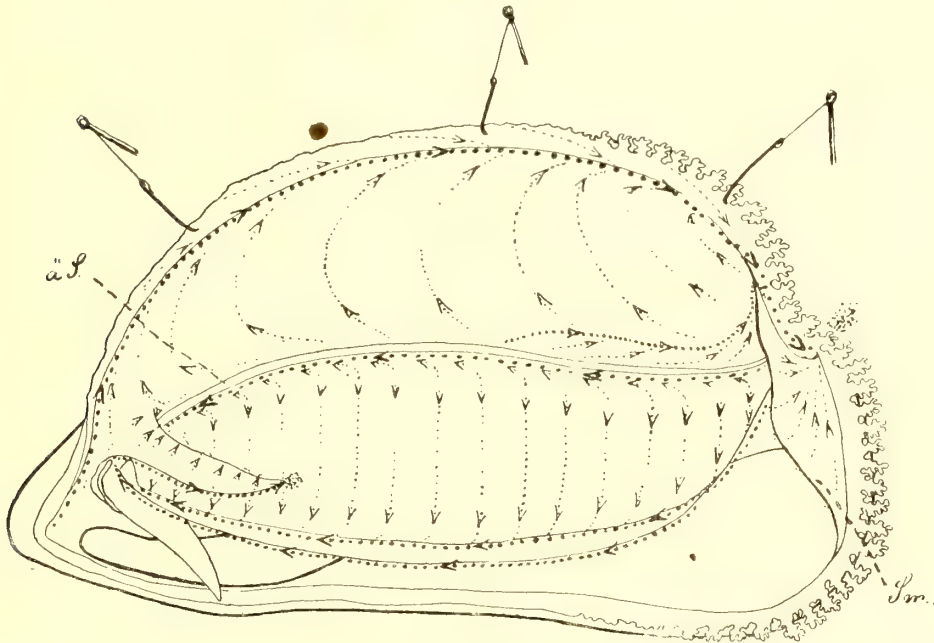


Fig. F. *Mytilus*: Die linke Schale ist weggenommen und der Mantellappen rückwärts geschlagen, so dass man das äussere Kiemenblatt sieht. *äS* = der obere Randsaum an der aufsteigenden Lamelle des äusseren Kiemenblattes, *Sm* = die Subanalsiphonmembran.

rinne ihr Material von einem entsprechenden Gebiet an der aufsteigenden Lamelle des inneren Kiemenblattes (Fig. G).

Ausser diesen jetzt erwähnten Hauptströmungen haben wir bei *Mytilus* wie bei den *Najaden* auch eine zuführende Strömung zwischen den beiden zu demselben Otenidium hörenden Kiemenblättern an der Kiemenachse, also eine Kiemenachsenströmung. Zu dieser werden die Fremdkörper an den basalen Theilen der beiden absteigenden Lamellen getrieben. Bei *Mytilus* sind somit an den Kiemen zehn von einander getrennte zuführende Hauptströmungen vorhanden, nämlich vier Marginalrinnen-, zwei äussere und zwei innere Randsaumrinnen- und zwei Kiemenachsenströmungen. Unter

diesen Strömungen haben die Marginalrinnenströmungen das grösste Stromgebiet, nämlich die grössten Theile der ab- und aufsteigenden Lamellen jedes Kiemenblattes, während die übrigen Hauptströmungen Zufluss nur von einem beschränkteren Gebiet bekommen, nämlich von den oberen Theilen der Kiemenlamellen.

In Bezug auf die Kiemenwandströmungen stimmt *Ostrea* mit *Mytilus* völlig überein. Wir haben also auch hier vier Marginalrinnen, zwei äussere und zwei innere Randsaumrinnen- und zwei Kiemenachsenströmungen, die alle ihr Material nach den Mundlappen treiben. Was die Strömung in den Marginalrinnen anbelangt, so muss ich bemerken, dass sie nur zum vorderen zwischen den Mundlappen

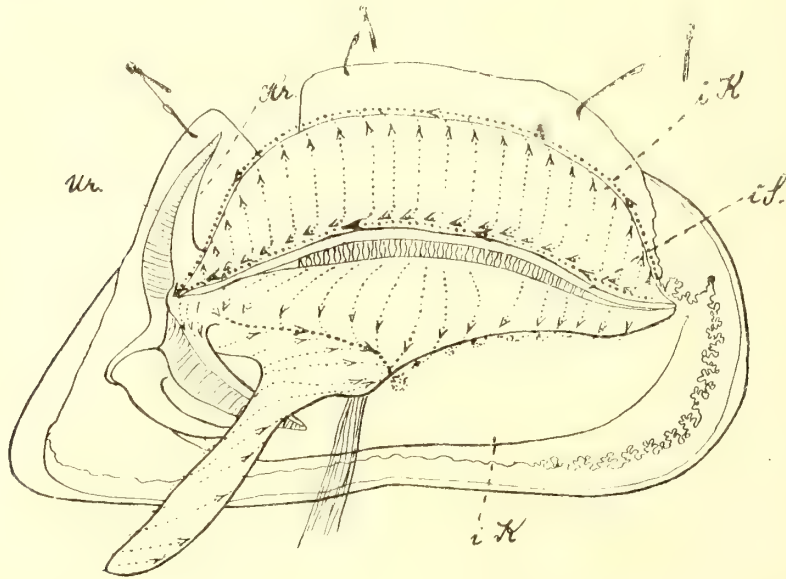


Fig. G. *Mytilus*: wie in Fig. F. Auch das innere Kiemenblatt dorsalwärts geschlagen. *iK* = die inneren Kiemenblätter, *iS* = der innere Randsaum. *Ur* und *Hr* = der Unter- und Hinterrand des Mundlappens.

liegenden Theil des Kiemenblattrandes fortgeht. An diesem Theil der Marginalrinne findet keine merkbare Strömung statt. Daher werden die in der Marginalrinne fortgetriebenen Fremdkörper nur bis zum hinteren Rand der Mundlappen transportirt.

Mya zeigt von den oben beschriebenen Verhältnissen hinsichtlich der Wandströmungen an den Kiemenblättern einige Verschiedenheiten, die wir kurz erwähnen müssen. Sämmtliche Kiemenblätter sind bekanntlich mit Marginalrinnen ausgestattet und in diesen fliessen zuführende Randströmungen. Wie bei *Mytilus* und *Ostrea* gehen auch die Strömungen auf beiden Seiten der Kiemenblätter nach unten und entleeren sich in die Marginalrinnen (Fig. H, *iK* und *äK*). Von den erwähnten Muscheln weicht aber *Mya* in so weit ab, dass sie am oberen Rand der aufsteigenden Lamellen der äusseren Kiemenblätter eine zuführende Strömung entbehrt.

Die in den Winkel zwischen dieser Kiemenlamelle und dem Mantellappen geträufelten Karminkörnchen werden entweder von den am Mantellappen vorhandenen Wimperströmungen oder von denjenigen der Aussenseite des äusseren Kiemenblattes mitgerissen. Auch am oberen Rand der aufsteigenden Lamelle des inneren Kiemenblattes ist keine zuführende Strömung vorhanden. Hierin stimmt somit *Mya* mit den *Najaden* überein. Ausser den Marginalrinnenströmungen giebt es aber bei *Mya* auch an jeder Kieme eine zuführende Kiemenachsenströmung, die wie bei den erwähnten Muscheln ihr Material von den basalen Theilen der absteigenden Lamellen bekommt. Wir haben somit bei *Mya* wie bei den *Najaden* an

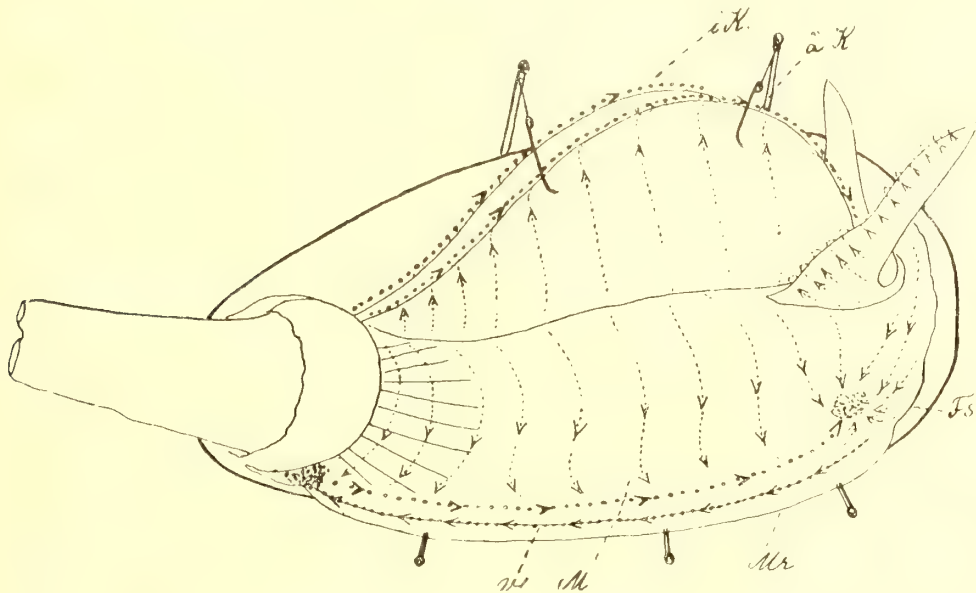


Fig. H. *Mya*: Die rechte Schale und der rechte Mantellappen entfernt, beide Kiemen und der Körper rückwärts geschlagen, so dass man die Aussenseite des äusseren Kiemenblattes der linken Kieme und die Innenfläche des Mantellappens der linken Seite sieht. *iK* und *äK* = das innere und äussere Kiemenblatt der linken Kieme; *Fs* = der Fusschlitz; *M* = der linke Mantellappen; *Mr* = die verwachsenen Mantelränder; *Vl* = die Verwachsungslinie der beiden Mantelränder

den Kiemenblättern sechs zuführende Hauptströmungen, vier Marginalrinnen- und zwei Kiemenachsenströmungen.

Wenn wir also auf das in Bezug auf die Wandströmungen an den Kiemen gesagte zurückblicken, so finden wir, dass bei den erwähnten Muscheln die Strömungsverhältnisse an den Kiemenlamellen zwar verschieden sind, indem verschiedene Theile der Lamellen zu verschiedenen Stromgebieten hören, und ferner, dass bei den verschiedenen Muscheln die Zahl der Hauptströmungen auch verschieden sein kann. Darin stimmen jedoch die Verhältnisse bei allen diesen Muscheln überein, dass die Wimperströmungen an den Kiemenlamellen immer durch mehrere oder weniger Hauptströmungen ihr Material zu den Mundlappen treiben.

Bevor wir zur Darstellung der Mantelströmungen übergehen, mögen einige Worte der Entwicklung der Wimpern an den verschiedenen Theilen der Kiemen gewidmet werden. Wie im ersten Theil dieser Untersuchung gezeigt wurde, können wir in der Bewimperung der Kiemenleisten eine für die respiratorische Wirksamkeit der Kiemen zur Erzeugung der Respirationsströmungen durchgeführte Differenzirung erblicken. Die Seitenwimpern treiben, wie gezeigt wurde, hauptsächlich das Wasser in den interlamellaren Raum hinein und die Randmembranellen bilden ein Gitterwerk für die interfilamentären Öffnungen und verhindern dadurch in erster Hand das Eindringen von Fremdkörper in die von den Kiemenlamellen begrenzten Räume. Da wir aber jetzt gefunden haben, dass die Kiemen auch für die Nahrungsaufnahme wichtig sind, indem durch die Schlagbewegung ihrer Aussenwimpern Fremdkörper bez. Nahrungstheilchen zu den Mundlappen getrieben werden, erhebt sich die Frage, ob die Kiemenbewimperung auch zu diesem Zwecke eine specielle Differenzirung zeigt. Dass die Wimpern hinsichtlich ihrer Schlagbewegung immer so eingerichtet sind, dass sie in einer bestimmten Richtung die ihnen anhaftenden Fremdkörper treiben, geht ja aus dem schon gesagten deutlich hervor. Die Frage gilt aber jetzt, ob sie in Bezug auf ihrer Entwicklung an verschiedenen Theilen der Kiemenblätter zum Zwecke des Fremdkörpertransports auch differenzirt sind.

Bei den *Najaden* sind die Kiemenlamellen an ihren äusseren Seiten mit einer im grossen und ganzen gleichförmigen Bewimperung bekleidet. Eine specielle Differenzirung der Bewimperung an den verschiedenen Theilen der Kiemenblätter ist im allgemeinen nicht zu beobachten, nur an den unteren Rändern der inneren Kiemenblättern nehmen die Wimpern in Länge und Stärke ein wenig zu und mit solchen kräftigeren Wimpern ist auch die Marginalrinne bekleidet.

Bei *Mytilus* dagegen ist eine offenbar zum Zwecke der Transportwirksamkeit der Wimpern entstandene Differenzirung an verschiedenen Theilen der Kiemenlamellen auf eine interessante Weise durchgeführt. Es liegt auf der Hand, dass an den Theilen der Kiemenlamellen, wo sich das von den Nebenströmungen hervorbrachte Material sammelt, um als eine zuführende Hauptströmung seinen Weg zu den Mundlappen fortzusetzen, die Ansprüche an die Treibkraft der Wimpern viel grösser als an dem Gebiet der Nebenströmungen sein müssen. Daher finden wir auch, dass die Wimpergebilde an den Theilen der Kiemenlamellen, worüber die Hauptströmungen fortfliessen, gewöhnlich viel grösser und kräftiger als an den übrigen sind.

Die Aussenseite der Kiemenfilamente ist bekanntlich auch bei *Mytilus* mit verhältnismässig kleinen und feinen Wimpern bekleidet, nur am hinteren Filamentenrand sitzen in etwas wechselnder Entfernung von einander grosse und kräftige Cirren (H. WALLENGREN ¹⁾). Der Körnchentransport wird aber nur von den Cilien vermittelt, indem die Cirren, wie in dem erwähnten ersten Theil dieser Abhandlung gezeigt wurde, nach oben über die interfilamentären Spalten schlagen und somit

¹⁾ Zur Biologie der Muscheln, I, Die Wasserströmungen. Dies. Handl. 1905, p. 43.

von den Randmembranellen die denselben anhaftenden Fremdkörper wegfegen. Die Bewimperung der Aussenseite der Filamente ändert sich aber, wie schon hervorgehoben wurde, an den Theilen der Filamente, wo die Hauptströmungen fliessen.

Der Randsaum der aufsteigenden Lamelle des äusseren Kiemenblattes ist an seiner Aussenseite mit einem feinen Wimperkleid versehen, dessen Wimpern nach unten schlagen (Fig. 1, Taf. I). Am unteren Rande des Saumes aber hört dieses feine Wimperkleid auf. Die innere gegen die Saumrinne gewendete Seite ist nämlich mit ziemlich dicht sitzenden und verhältnismässig langen und kräftigen Cirren bekleidet, die in der Richtung nach vorn schlagen. An Fig. 1 sind diese Cirren an einem Theil des Randsaumes bei tiefer Einstellung des Mikroskopes eingezeichnet, indem sie durch den ziemlich dünnen Saum hindurch ersichtlich waren. Die Aussenseite des oberen Theiles der Kiemenlamelle, welcher innerhalb des frei hinunterhängenden Saumes liegt, ist auch mit einer ähnlichen Bekleidung von Cirren versehen, die ebenfalls nach vorn schlagen. Die ganze Saumrinne, in welcher eine Hauptströmung nach vorn geht, ist also mit kräftigen Cirren bekleidet, aber auch die dieser Rinne am nächsten liegenden Theilen der Kiemenfilamente, die dem Gebiet dieser Hauptströmung zuhören, sind mit solchen Cirren versehen (Fig. 1). An jedem Filament streckt sich nämlich unterhalb des freien unteren Randes des Saumes längs der Mitte der Filamente eine dreieckige Zone von grossen Cirren ein Stückchen nach unten. Diese Cirren schlagen kräftig nach oben und treiben somit die Fremdkörper in die Rinne hinein (Fig. 1).

Am Randsaum der aufsteigenden Lamelle des inneren Kiemenblattes in der dortigen Saumrinne und an den proximalen Theilen der Kiemenfilamente ist die Bewimperung mit den oben beschriebenen Verhältnissen ziemlich übereinstimmend. Hier sind jedoch auch an der Aussenseite besonders an dem unteren Theil des Saumes kräftige Cirren vorhanden.

Die Kiemenachse, wo wir ebenfalls eine zuführende Hauptströmung fanden, ist auch mit einem Cirrenkleid versehen, das an den basalen Theilen der absteigenden Filamentschenkel, die das Gebiet dieser Hauptströmung bilden, verbreitet ist. Die an der Kiemenachse sitzenden Cirren schlagen nach vorn, während die an den Filamenten vorhandenen nach oben schlagen. Infolgedessen werden Fremdkörper theils zu der Hauptströmung getrieben und theils einmal dort angelangt verhindert aus dem zuführenden Strom wieder hinauszukommen.

Am unteren Rand jedes Kiemenblattes, wo in der Mariginalrinne eine zuführende Hauptströmung stattfindet, hat sich auch die Wimperbekleidung verändert. Hier sind nämlich die ganze äussere Filamentenoberfläche, die Wände und der Boden der Mariginalrinne mit Cirren bekleidet, die jedoch nicht ganz so kräftig sind wie die entsprechenden Wimpergebilde in den Randsaumrinnen und an den Kiemenachsen.

An der Hinterseite jedes Filamentschenkels streckt sich diese Cirrenbekleidung beinahe, jedoch nicht ganz bis an die Randmembranellenzone (Taf I, Fig. 2). Ein schmaler Streifen zwischen dieser Zone und dem mit Cirren überzogenen Felde

ist wie die Aussenseite der grössten Theile der Filamente mit feinen Cilien bekleidet, und solche bilden auch die Bewimperung um die Mariginalrinne (Fig. 2). Oberhalb der Mariginalrinne setzt sich diese Cilienbekleidung zwischen den hier halb-kreisförmig eingebogenen Randmembranellen und Seitenwimperzonen der beiden Filamentenschenkel nach oben fort und geht in die Bewimperung an den inneren Theilen der Hinterseiten der Filamente über.

Die Bewimperung an der Vorderseite der Filamente am unteren freien Rande der Kiemenblätter weicht von der jetzt beschriebenen darin ab, dass die Cirrenbekleidung sich nicht so weit nach innen streckt, sondern schon am Filamentenrand aufhört. Die Cilienbekleidung nimmt dagegen hier beinahe das ganze Feld zwischen den Randmembranellen und der Aussenfläche des Filamentes ein.

Wie durch die Pfeile an der Fig. 2 veranschaulicht ist, schlagen die Oberflächencirren der Filamente nach unten, am Rand und an den oberen Theilen der Rinnenwände in der Richtung zum Rinnenboden. Die an den unteren Theilen und am Boden sitzenden Cirren schlagen dagegen nach vorn. Die Schlagrichtung der an der Hinterseite der Filamente befindlichen Cirren geht nach unten und gegen die Rinne. Die dortigen Cilien schlagen auch nach der Rinne hin. Jedoch gehen die Bewegungen der oberhalb der Seitenwimperzone in der mittleren Cilienzone befindlichen Wimpern nach oben (Fig. 2).

Wir sehen also, wie auch am unteren Rand der Kiemenblätter, wo die absteigenden Filamentenschenkel sich in die aufsteigenden umbiegen, in der Bewimperung eine reich entwickelte Differenzirung durchgeführt ist. An den Stellen, wo es gilt eine angesammelte grössere Menge Körperchen weiter fortzuführen, sind die feinen Aussencilien der Filamente von grösseren und kräftigeren Cirren ersetzt.

Bei *Mya* ist auch eine ähnliche Differenzirung in dem Wimperkleid vorhanden, die mit den oben erwähnten Verhältnissen bei *Mytilus* im grossen und ganzen übereinstimmt. Wie wir im vorigen gefunden haben, sind bei *Mya* an den oberen Rändern der aufsteigenden Lamellen keine Hauptströmungen vorhanden, und infolgedessen sind an diesen Theilen der Kiemenlamellen auch keine Cirren entwickelt. Feine Cilien bilden hier wie an der Aussenseite der Filamente das Wimperkleid. An der Kiemenachse und an den basalen Theilen der absteigenden Filamentenschenkel haben wir dagegen lange und kräftige, dichtsitzende Cirren. Hier findet ja auch eine nach vorn fliessende Hauptströmung statt. Wie bei *Mytilus* sind die unteren Theilen der Kiemenblätter von ihren freien unteren Rändern ein Stückchen nach oben an den Aussen- und Innenfläche mit Cirren bekleidet, was schon im ersten Theil dieser Untersuchung erwähnt und abgebildet wurde ¹⁾. Ähnliche Cirren bekleiden auch die Wände und den Boden der Mariginalrinne. Die an der Aussenseite der Filamente sitzenden Cirren schlagen wie die sämtlichen Aussenwimpern der Kiemenlamellen nach unten, während die am Kiemenblatrande und in der Mariginalrinne selbst befindlichen nach vorn schlagen.

¹⁾ p. 43. Taf. II, Fig. 10.

Bei *Mya* sitzen auf den unteren Rändern der Kiemenblätter an den beiden die Mariginalrinne begrenzenden Wülsten grosse Wimpergebilde, die bei etwas tiefer Einstellung des Mikroskopes gewöhnlich sehr deutlich hervortreten. Es sind offenbar die von FLEMMING ¹⁾ und anderen Verff. als »Haarbündel« beschriebenen Wimpergebilde, die Sinneszellen zuhören. Sie sitzen gewöhnlich in Ein- oder Zweizahl an den Enden jedes Filamentes und ragen weit über die umgebenden Cirren hinaus (Taf. I, Fig. 3). Bei *Mya* sind sie bedeutend länger und kräftiger als bei den anderen von mir untersuchten Muscheln. Wie schon FLEMMING beobachtete, bestehen sie aus mit einander verbundenen feinen Wimpern und werden verhältnismässig leicht in ihre Konstituenten aufgelöst. FLEMMING hebt hervor, dass diese Wimpergebilde keine Eigenbewegung zeigen, nur passiv von den umsitzenen lebhaft sich bewegenden Wimpern herumgeschleudert werden. Bei den *Unioniden* und bei *Mytilus* habe ich auch keine aktive Bewegung der Haarbündel beobachtet, bei *Mya* dagegen sieht man sehr deutlich, wie diese Gebilde in eine Schlagwirksamkeit eintreten können. An einem frisch ausgeschnittenen Kiemenblattstückchen kann man nämlich gleich, nachdem es unter das Mikroskop gebracht worden ist, unschwer beobachten, wie diese Riesenwimpern dann und wann lebhaft nach vorn schlagen. Bald hört aber diese Bewegung völlig auf, und die Haarbündel ragen als unbewegliche steife Borsten gewöhnlich etwas schräg nach vorn über die Mariginalrinne hinaus. Die umsitzenen Cirren aber setzen ihr lebhaftes Spiel lange noch mit unveränderter Schnelligkeit fort. Dann können wir auch, besonders wenn die Haarbündel etwas aufgelockert worden sind, die von FLEMMING beschriebene passive Bewegung, das Herumschleudern der Haarbündel, beobachten. Durch ihre Schlagwirksamkeit, die besonders dann einzutreten scheint, wenn sie von einem Fremdkörper berührt werden, dürften wohl diese Wimpergebilde auch zum Fortführen der an die Kiemenränder angelangten Fremdkörper ein wenig beitragen.

Noch ein anderes interessantes Wimpergebilde ist an den Kiemenblatträndern vorhanden. An den inneren gegen die Mariginalrinne gekehrten Rändern der Filamentenwülste sitzen eine Reihe fächerförmig angeordneter feiner Borsten, die sich über den Eingang der Mariginalrinne strecken (Fig. 4, Taf. I). Die somit an den entgegengesetzten Rändern der Mariginalrinne gerade gegenüber einander sitzenden Borstenfächer erreichen in dem Kontraktionszustand, in welchem die abgeschnittenen Kiemenblätter sich unter dem Mikroskop gewöhnlich befinden, mit ihren Spitzen einander. Es bildet sich infolgedessen über die Rinne ein feines und schönes Gitterwerk. Diese Borsten sind allerdings biegsam, aber jedoch verhältnismässig steif. Niemals habe ich beobachtet, dass sie sich aktiv bewegen können. Zwar können sie infolge der kräftigen Schlagwirksamkeit der umsitzenen Cirren in eine zitternde, passive Bewegung versetzt werden, aber immer sind sie über die Rinne hinausgestreckt. Da aber die Rinnenränder durch Kontraktionen in den

¹⁾ Die haartragenden Sinneszellen in der Oberhaut der Muscheln: Arch. f. mikr. Anat. Bd. V, 1869, p. 415—444. — Untersuchungen über Sinnesepithelien der Mollusken. Arch. f. mikr. Anat. Bd. VI, 1870, p. 439—471.

Kiemenblättern einander genähert und von einander entfernt werden können, so ist es offenbar der Muschel auch möglich, die beidseitigen Borstenfächer gegen einander zu führen, so dass sie die Rinne absperren, oder auseinander ziehen, wobei die Rinne offen steht. Die Bedeutung dieser fächerförmig angeordneten Borsten liegt damit auch auf der Hand. Da bei der *Mya* die Cirren in der ganzen Marginalrinne gerade nach vorn schlagen, so verhindern diese Wimpern, dass die hineingekommenen kleinen Fremdkörperchen bez. Nahrungstheilchen wieder weggeschwemmt werden. Ferner können sie auch den Eingang der Marginalrinne zu schliessen.

Aus dem in Bezug auf die Kiemenbewimperung gesagten geht somit hervor, dass das Wimperkleid der Kiemenblätter oft eine zum Zwecke des Fremdkörpertransportes hervorgerufene specielle Differenzirung zeigt. An denjenigen Theilen der Kiemenlamellen, wo die Hauptströmungen fortfliessen, haben sich gewöhnlich anstatt der feinen Cilien starke Cirren entwickelt.

Wir gehen jetzt zur Untersuchung über die an der Innenseite der Mantellappen befindlichen Wandströmungen über.

Die Wandströmungen an den Mantellappen.

Bezüglich der Schlagrichtung der an der Innenfläche der Mantellappen befindlichen Wimpern hat zuerst THIELE ¹⁾ einige nähere Angaben gegeben. Er erwähnt nämlich, dass bei den *Najaden* die innere Mantelfläche in ihren hinteren und oberen Theilen nach vorn wimpert, dass aber bald die Bewegung eine Richtung nach unten und weiter nach dem Rande zu nach hinten annimmt. An der vorderen Mantelhälfte geht dagegen die Schlagrichtung durchaus rückwärts. Ferner hebt THIELE hervor, dass die an die Mantellappen angekommenen Fremdkörper wahrscheinlich von diesen rückwärts schlagenden Wimpern nach der Branchialöffnung transportiert und hier deponiert, um zuletzt beim Zuschliessen der Schalen, weggespült zu werden. Bei *Mytilus* hat M'ALPINE ²⁾ beobachtet, dass längs dem Rande der Mantellappen eine nach hinten gehende Strömung vorhanden ist, die einen Nachaussen-transport eingekommener Fremdkörper vermittelt. Ähnliche Rückströmungen am Mantelrand hat COUPIN ²⁾ sowohl bei *Mytilus* wie bei *Cardium* und *Pholas* beschrieben. Am eingehendsten sind aber diese Mantelwandströmungen von STENTA ²⁾ untersucht worden. Er hat nämlich das Vorhandensein solcher Rückströmungen bei verschiedenen Muscheln (*Najaden*, *Mytilus*, *Arca* u. a.) festgestellt, aber auch gefunden, dass es Formen giebt (z. B. *Pecten*, *Lima* u. a.), die solche entbehren. Die von mir untersuchten Muscheln haben alle an den Mantellappen wohl entwickelte Hauptströmungen. Im folgenden werden wir die Strömungsverhältnisse an den Mantellappen etwas näher ins Auge fassen.

¹⁾ Die Mundlappen der Lamellibranchiaten: Zeitschr. f. wiss. Zoolog. Bd. 44, 1886, p. 265.

²⁾ l. c.

Wir nehmen z. B. ein *Anodonta*-individuum, lösen, wie bei der Untersuchung der Kiemenwandströmungen, die eine Schale ab, schlagen den Mantellappen dorsalwärts (Fig. I) und träufeln auf seinen oberen Theil ein wenig ausserhalb der Verwachsungslinie der aufsteigenden Kiemenlamelle etwas Karminwasser. Die Karminkörnchen werden gleich nach vorn und schräg nach unten getrieben, bald aber wird ihre Bewegungsrichtung geändert. Ein Stückchen nach unten gekommen fangen sie nämlich an, gerade nach vorn fortgeführt zu werden und bald sehen wir, wie sie alle in einem langen Schleimfaden zusammengebunden als eine vorwärts fließende Strömung den Mundlappen zugeführt werden (Fig. I). Es ist somit am oberen Theil des Mantellappens bei den *Najaden* eine den Mundlappen zuführende Hauptströmung vorhanden.

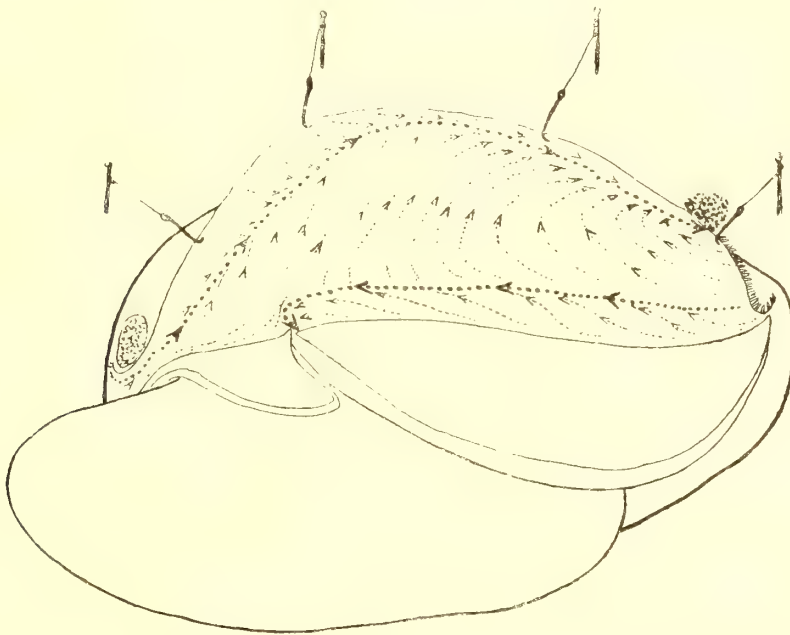


Fig. I. *Anodonta*: Die eine Schale weggenommen, der Mantellappen dorsalwärts geschlagen.

Wenn aber Karminkörnchen auf die unteren unterhalb dieser Hauptströmung liegenden Theile des Mantels gebracht werden, so werden sie, wie *STENTA* erwähnt, zu der unteren Rückströmung fortgeführt. Die an Fig. I eingezeichneten Pfeile geben die Bahnen der Körnchenströmungen an, die alle zu der innerhalb der inneren Mantelfalte liegenden unteren Rückströmung führen. Diese fängt unmittelbar unter dem vorderen Schliessmuskel an und streckt sich bis zur vorderen Grenze des mit Papillen versehenen hinteren Theiles des Mantelrandes, wo sie ausmündet und ihr Material nach aussen entleert (Fig. I).

Bei *Mytilus* ist keine zuführende Wandströmung an den Mantellappen vorhanden. Die ganze Innenfläche des Mantels hört nämlich dem ausführenden Stromgebiet zu. Wir können aber hier an jedem Mantellappen gewöhnlich zwei Haupt-

rückströmungen unterscheiden, eine kürzere obere und eine längere, untere (Fig. F Seite 11). Die obere Rückströmung fängt gewöhnlich am oberen Theil der Mitte des Mantels an und geht nach hinten ein Stückchen ausserhalb des freien Randes der aufsteigenden Kiemenlamelle, biegt sich am hinteren Theil des Mantels nach unten und geht unmittelbar vor dem freien Rande der Subanalsiphomembran am Mantelrande in die untere Rückströmung über. Durch diese obere Rückströmung wird das Material vom oberen hinteren Manteltheil fortgeführt. Die untere Rückströmung verhält sich wie bei den *Najaden*, allein sie setzt sich bei *Mytilus* länger nach hinten fort. Sie entleert sich nämlich nach aussen, wie STENTA erwähnt, zuerst an der Verwachnungsstelle der Mantellappen ventralwärts von der Auswurfsöffnung (Fig. F). Hierbei passiert sie längs der Mantelinnenfalte über die Subanalsiphomembran und nimmt ausser der oben erwähnten oberen Rückströmung

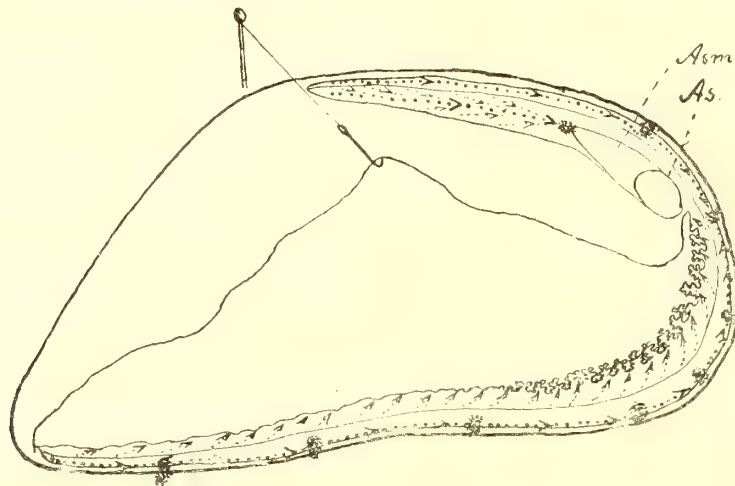


Fig. K. *Mytilus*: Die eine Schale entfernt und der Mantellappen ein wenig dorsalwärts gezogen, so dass der freie Rand des anderen Mantellappens sichtbar wird. *As* = die Analsiphöffnung, *Asm* = die Analsiphomembran.

auch von der Subanalsiphomembran Nebenströmungen auf (Fig. F). Bei *Mytilus* hören somit zum Gebiet der ausführenden Strömungen die ganze Innenfläche der Mantellappen und die Ober- und Unterfläche der Subanalsiphomembran.

Noch ein Verhältnis muss hier in Zusammenhang mit den Mantelwandströmungen bei *Mytilus* erwähnt werden. Die äussere und innere Mantelrandfalte fassen zwischen sich eine ziemlich tiefe Rinne, die Mantelfaltenrinne. Wenn wir in diese etwas Karminwasser längs ihrer ganzen Länge träufeln, so sehen wir, wie die Körnchen, welche an die Aussenseite der Innenfalte kommen (Fig. K), nach innen über den freien Rand dieser Falte und zu der unteren Rückströmung getrieben werden (Fig. K und F, Seite 11). Die Körnchen dagegen, welche an den Boden der Rinne und an die Innenseite der äusseren Randfalte fallen, werden ein Stückchen nach hinten transportirt, aber bald hört das Fortführen auf und sie bleiben still

liegen (Fig. K). Es bildet sich in der Rinne an verschiedenen Stellen kleine Körnchenanhäufungen. Wenn diese eine gewisse Grösse erreicht haben, üben sie einen Reiz auf den Mantelrand aus. Infolgedessen biegt sich die innere Mantelfalte an den den Körnchenansammlungen gegenüberliegenden Stellen über die Rinne hinaus und durch die Schlagrichtung der an der Aussenseite dieser Falte sitzenden Wimpern werden die Körnchenklümpchen weggeschleudert.

An den mit einander verwachsenen dorsalen Mantelrandinnenfalten zwischen dem Analsiphon und dem Schlossband geht die Wimperströmung nach unten (Fig. K) und die dort gelegten Körnchen werden nach hinten bez. nach unten bis zum dor-

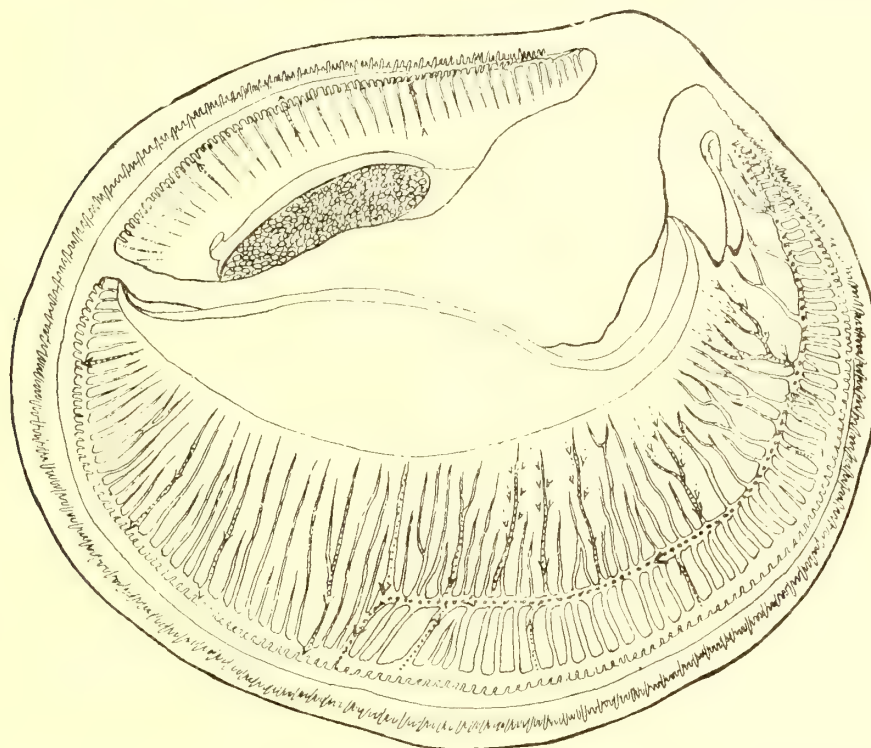


Fig. L. *Ostrea*: die rechte Schale entfernt, der eine Mantellappen weggeschnitten und die Kiemenblätter dorsalwärts geschlagen, so dass man die Innenseite des linken Mantellappens sehen kann.

salen Rand des Analsiphos fortgeführt, wo sie von dem ausgehenden Wasserstrom mitgerissen werden.

Bei *Ostrea* konnte STENTA nur den Anfang einer Rückströmung konstatiren. Sie fängt nach seiner Darstellung in der Mundgegend an und zieht rückwärts bis zu gewissen Erhebungen an der inneren Mantelfläche. Wenn man die Innenseite des Mantels bei *Ostrea* unter dem Präparirmikroskop betrachtet, so fällt gleich ein System von erhöhten Leisten in die Augen. An den Mantellappen in der infra-branchialen Kammer können wir längere und kürzere radiär verlaufende Leisten unterscheiden (Fig. L). Besonders am vorderen Theil des Mantels sind die längeren

Leisten in ihren inneren Theilen oft mehr oder weniger gezeitigt. An der vorderen Mantelhälfte sind ferner die Radialleisten durch eine ein wenig innerhalb des Mantelrandes und parallel zu diesem gehende verhältnismässig breitere Längsleiste verbunden. Diese fängt vor den Mundlappen an und streckt sich ungefähr zur Mitte des Mantels, wo sie sich nach aussen zum Mantelrand biegt (Fig. L).

Wenn wir an die Innenfläche des Mantels bei *Ostrea* etwas Karminwasser träufeln, so sehen wir, wie die Körnchen sich bald an die oben erwähnten Leisten sammeln. Binnen kurzem hat sich ein schönes Stromsystem ausgebildet. An den innerhalb der Längsleiste liegenden Radialleisten fliessen die Körnchenströmungen nach aussen und an den ausserhalb dieser befindlichen fliessen sie nach innen. An der Längsleiste treffen somit sämmtliche radiäre Nebenströmungen zusammen und es bildet sich also an dieser Leiste eine nach hinten gehende mächtige Hauptströmung, die ihr Material am Mantelrand unmittelbar hinter der Mitte entleert (Fig. L). An der hinteren Hälfte des Mantellappens in der infrabranchialen Kammer folgen die Wandströmungen ohne zu einer Hauptströmung zusammenzufliessen die radiär gehenden Leisten und entleeren ihr Material direkt am Mantelrand hinaus (Fig. L).

An dem Kloakenkammertheil des Mantels sind nur radiäre und verhältnismässig kurze ungezeitigte Leisten vorhanden. Auch an ihnen gehen nach aussen fliessende Randströmungen.

Bei *Ostrea* fliessen also die Wandströmungen auf erhöhten Leisten. Die zwischen diese an die Manteloberfläche fallenden Körnchen werden zu den Radialströmungen gleich getrieben. Eine Hauptrückströmung sammelt das Material von der vorderen Hälfte des Mantels auf, streckt sich aber nicht so weit nach hinten wie bei den vorher erwähnten Muscheln, sondern entleert sich schon an der Mitte des grossen Mantelschlitzes nach aussen. Die hintere Hälfte jedes Mantellappens bildet ein besonderes Stromgebiet, wo eine Menge Radialströmungen nach aussen fliessen.

Bei *Mya* finden wir an den Mantellappen eigenthümliche Strömungsverhältnisse, die von den Verhältnissen bei den erwähnten Muscheln abweichen. Allerdings werden die Fremdkörper an der Innenfläche der Mantellappen nach unten geführt (Fig. H, Seite 13), kommen aber nicht in eine Rückströmung, sondern in eine nach vorn fliessende Hauptströmung hinein, die ein Stückchen innerhalb der Verwachsungslinie der beidseitigen Mantelränder und parallel zu dieser verläuft. Diese Vorwärtsströmung hört am vorderen Theil des Mantels ein wenig innerhalb der Pedalöffnung auf. Hier wird das von diesem Hauptstrom mitgebrachte Material deponirt, und an derselben Stelle münden auch kleine von den vorderen oberen Theilen des Mantels kommende Nebenströmungen ein. Es wird also vor der Pedalöffnung an jedem Mantellappen eine Menge Fremdkörperchen, vom ganzen Mantel herrührend und zu Schleimklümpchen zusammengeballt, angehäuft.

Ausser dieser an jedem Mantellappen nach vorn fliessenden Hauptströmung ist auch eine andere, aber in entgegengesetzter Richtung gehende Strömung vorhanden. Wenn wir die verwachsenen Mantelränder nach aussen biegen (Fig. H, *Mr*), so dass der Verwachsungssaum entblösst wird (*Vl*), und auf ihn etwas Karminwasser träufeln, so sehen wir, wie hier die Körnchen von einem nach hinten gehenden Wimperstrom gleich gegriffen und bis zum hinteren Theil des Mantels fortgeführt werden, wo sie unmittelbar vor der inneren Mündung des Branchialsiphos angehäuft werden (Fig. H). Wir haben somit bei *Mya* an jedem Mantellappen eine nach vorn fliessende Hauptströmung und längs dem Verwachsungssaum der Mantelränder eine Rückströmung. Sowohl die vorwärts wie die rückwärts fliessenden Strömungen sind ausführend.

In sofern weicht also *Mya* von sämtlichen untersuchten Muscheln ab, dass es bei ihr zwei nach vorn gehende ausführende Mantelströme giebt, aber nur eine Rückströmung. Bei *Pholas* hat COUPIN eine untere Rückströmung an jedem Mantellappen beobachtet, aber diese vereinigen sich zu einer an der inneren Branchialsiphomündung und setzen sich als eine gemeinsame Rückströmung längs der ventralen Mediallinie in dem Branchialsiphos bis zu der äusseren Branchialöffnung fort, wo sie ihr Material direkt nach aussen entleert. Bei *Mya* dagegen entleeren sich die ausführenden Mantelströmungen nicht unmittelbar nach aussen, sondern häufen ihr Material nur vor die beiden Öffnungen der infrabranchialen Kammer an. Wenn aber eine Menge Fremdkörper hier gesammelt sind, werden sie durch ein plötzliches Zuschliessen der Schalenklappen mit dem Überschuss des in der infrabranchialen Kammer enthaltenen Wassers entfernt. Auch bei *Cardium* wird nach STENTA das von den Mantelrückströmungen zusammengebrachte Material auf ähnliche Weise entfernt. Bei den anderen Muscheln, die mit offenem Mantel versehen sind, vermitteln wie bei *Pholas* die ausführenden Strömungen direkt das Entleeren der Fremdkörper am Mantelrand. Nur wenn sie eine ungewöhnlich grosse Menge Fremdkörper mit dem Einstrom eingenommen haben, machen sie eine Adduktionsbewegung und entfernen auf diese Weise die Fremdkörper aus der infrabranchialen Kammer.

Offenbar stehen diese Verschiedenheiten hinsichtlich des Entleerens der von den ausführenden Strömungen gesammelten Fremdkörperchen in Beziehung zu der verschiedenen Lebensweise der Muscheln.

In Bezug auf die Mantelströmungen bei den erwähnten Muscheln können wir also sagen: Bei sämtlichen sind ausführende Hauptströmungen vorhanden, die sowohl hinsichtlich ihrer Zahl, Länge und Lage an den Mantellappen als hinsichtlich ihrer Stromrichtung bei verschiedenen Muscheln etwas verschieden sein können. Bei den *Najaden* ist nur eine untere Rückströmung an jedem Mantellappen, bei *Mytilus* sind aber gewöhnlich zwei vorhanden, die sich jedoch am hinteren Theil des Mantels zu einer vereinigen. *Ostrea* besitzt eine kräftige untere Rückströmung, die jedoch verhältnismässig kurz ist und

nur Material von der Vorderhälfte des Mantels aufnimmt. An der Hinterhälfte werden die Fremdkörper durch die Radialströmungen direkt am Mantelrand entleert. Bei *Mya* sind zwei nach vorn und eine nach hinten fließende Strömungen vorhanden. Diese Ausströmungen vermitteln nicht bei *Mya* wie bei den übrigen erwähnten Muscheln direkt eine Ausfuhr der Fremdkörper nach aussen, sondern häufen sie nur in die Nähe der Öffnungen der infrabranchialen Kammer an. Bei eintretenden Adduktionsbewegungen werden die in Schleim zusammengeballten Fremdkörper entfernt. Nur bei den *Najaden* ist eine den Mundlappen zuführende obere Wandhauptströmung an jedem Mantellappen vorhanden.

Die Wandströmungen an den Körperseiten und am Fuss.

M'ALPINE ¹⁾ hat bei *Mytilus* beschrieben, wie die Wimperströmungen am Fuss nach oben gehen, und wie feste Theilchen in dieser Richtung transportirt werden. Hinsichtlich der Strömungen bei den *Najaden* sagt OLT ²⁾: »Auf beiden Aussenflächen des Körpers macht sich zwei weniger scharf gesonderte Stromrichtungen nach dem hinteren Fussende zu geltend. Der eine Strom kehrt nach oben, um sich mit dem der inneren Kieme zu vereinigen, der andere führt über die hintere Fusskante und herauf durch den Schalenrand nach aussen«. STENTA hat die Wandströmungen am Körper und am Fuss nur gelegentlich erwähnt, aber nicht näher untersucht.

Wenn bei einer *Najade* die Wimperströmungen an den Körperseiten mittels Karmin wie gewöhnlich untersucht werden, so zeigt es sich, dass an den oberen Theilen die Körnchen nach unten und schräg nach hinten, während sie am unteren Theil nach oben und schräg nach hinten fortgeführt werden (Fig. M). Am oberen Theil des Körperandes werden die hieher angelangten Fremdkörper längs der Körperkante nach unten geführt. Quer über dem Körper ein wenig oberhalb des muskulösen Fusses sehen wir eine rückwärts fließende Hauptströmung, in welche die von oben und unten kommende Nebenströmungen einmünden und ihr mitgebrachtes Material entleeren (Fig. M). Am Hinterrande des Körper biegt sich die Hauptströmung nach oben und begegnet dem nach unten fließende Körperstrandstrom. Hier wird das Material beider Strömungen entleert. Zum Stromgebiet der quer nach hinten gehenden Hauptströmung hört somit der grösste Theil der Körperseiten, nur an den den Mundlappen am nächsten liegenden Theilen geht der Wimperstrom in der Richtung gegen diese. An den Körperseiten findet somit nicht, wie OLT meint, eine Strömung nach oben zu den Kiemen statt. Die Körperströmungen sind nämlich ausführend. Denn, wenn der Fuss eingezogen ist, werden

¹⁾ l. c. p. 191—192.

²⁾ l. c. p. 547.

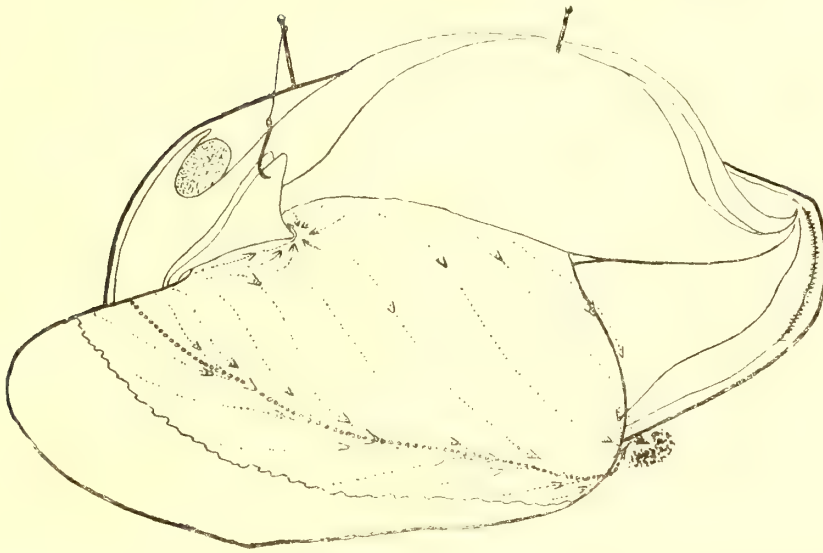


Fig. M. *Anodonta*: Die eine Schale weggenommen, der Mantellappen und die Kiemenblätter nach oben geschlagen.

die von diesen Hauptströmungen zusammengebrachten Fremdkörper nach dem unteren Theil der Mantellappen abgeliefert und kommen somit an das Stromgebiet der ausführenden Mantelrückströmung. Ist der Fuss aber herausgestreckt, so entleeren die Körperströmungen ihr Material direkt nach aussen (Fig. M). Daher sehen wir auch, wie bei einer mit Karmin »gefütterten« ruhig liegenden *Najade*, die ihren Fuss ein wenig ausgestreckt hat, die Karminkörnchen an zwei Stellen des Mantelschlitzes entleert werden (Fig. N). Der hintere Körnchenhaufen rührt von dem unteren Mantelrückstrom, der vordere vom Körperrückstrom her.

Bei *Mytilus* finden wir eine ähnliche quer über die Körperseite gehende Hauptrückströmung, die ihr Material durch Nebenströmungen von sowohl den oberen wie den unteren Theilen der Körperseiten bekommt (Fig. G, Seite 12). Am hinteren Theil des Körpers gehen die dortigen Strömungen gerade nach unten und entleeren ohne einen Körperstrandstrom zu bilden ihr Material an den Körperstrand direkt.

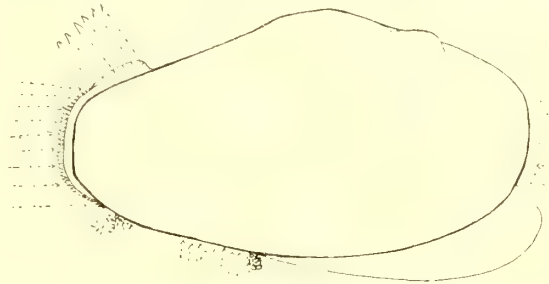


Fig. N. *Anodonta*, ruhig liegend, mit Karminkörnchen »gefüttert«.

Wie M'ALPINE erwähnt, werden feste Theilchen an den Seiten des Fusses nach oben und schräg nach hinten transportirt. An der Hinterseite beiderseits der längs der Mittellinie befindlichen Furche schlagen die Wimpern gerade nach oben. Die hieher gelangten Fremdkörper werden somit in der Richtung nach oben getrieben

und treffen oberhalb der Ausgangsstelle der Byssusfäden mit den von der Hauptströmung entleerten Theilchen zusammen (Fig. G).

In der längs der Mittellinie der hinteren Fussesseite befindlichen Furche, die s. g. Byssusfurche, geht ein kräftiger Flimmerstrom nach unten, und die darin gelegentlich hineingerathenen Körnchen werden schnell nach unten getrieben.

Die an den Körperseiten und am Fuss befindlichen Fremdkörper werden also nach dem hinteren Körperrand getrieben und hier abgeliefert. Bei dem in einer Glasschale auf der Seite liegenden *Mytilus*-individuum wird dies Material von der Bewimperung der aufsteigenden Lamelle des inneren Kiemenblattes gegriffen und somit der Kiemenrandströmung zugeführt. Vielleicht wird aber der Körper bei dem ganz unbeschädigten und in der Freiheit sich befindenden *Mytilus* so weit nach unten ausgestreckt, dass die Körperströmungen auch bei dieser Muschel ihr

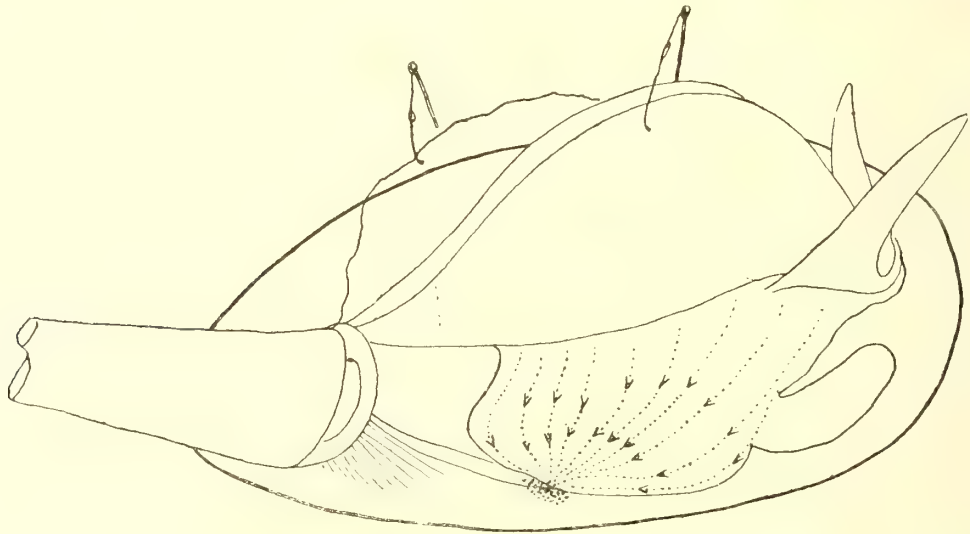


Fig. O. *Mya*: Die eine Schale entfernt, der Mantellappen und die Kiemenblätter rückwärts geschlagen, so dass der Körper entblösst ist.

Material an das ausführende Stromgebiet des Mantels abgeben können. Es ist mir deswegen nicht möglich bestimmt zu sagen, ob die Strömungen der Körperseiten und die des Fusses zu dem aus- oder zuführenden Stromgebiet gerechnet werden sollen.

Bei *Mya* ist keine eigentliche Hauptströmung am Körper vorhanden. Alle die kleinen Körperwandströmungen konvergieren aber nach einer Stelle am hinteren unteren Rand des Körpers (Fig. O). Hier werden die Fremdkörper in ein mit Schleim reichlich vermengtes Klümpchen angehäuft, welches bald an die Innenfläche des Mantellappens kommt, um bei den dann und wann eintretenden Adduktionsbewegungen entfernt zu werden.

Bei den meisten Muscheln dürften somit die am Körper vorhandenen Wandströmungen entweder direkt oder indirekt zu den ausführenden Strömungen zu rechnen sein.

Hinsichtlich der Wandströmungen haben wir also im vorigen gefunden, dass bei sämtlichen Muscheln die Kiemenlamellen immer dem zuführenden Stromgebiet zuhören, dass aber die zuführenden Kiemenhauptströmungen in Bezug auf ihre Zahl bei verschiedenen Muscheln sehr verschieden sein können. Die Innenfläche der Mantellappen bilden mit den Körperseiten (vielleicht mit Ausnahme von *Mytilus*) gewöhnlich das ausführende Stromgebiet. Nur bei den *Najaden* ist eine den Mundlappen zuführende Mantelströmung vorhanden. Die ausführenden Hauptströmungen fließen im allgemeinen nach hinten. Nur bei *Mya* fanden wir an jedem Mantellappen eine solche nach vorn gehende Strömung.

Da also die Fremdkörper von den zuführenden Hauptströmungen an die Mundlappen oder zwischen sie abgeliefert werden, so erhebt sich die Frage, wobin alles dies Material von den Mundlappen geführt wird. Damit sind wir zu der interessanten Frage von der Bedeutung dieser Bildungen gelangt.

Die Bedeutung der Mundlappen.

Bekanntlich verlängern sich die Ober- und Unterlippe bei den Mollusken an jeder Seite der Mundöffnung nach hinten in zwei gewöhnlich mehr oder weniger dreieckige Lappen, welche in der Literatur mit wechselnden Namen bezeichnet worden sind. Man hat sie nämlich Nebenkiemen, Mundtentakeln, Palpen, Mundsegel, Mundplatten, Lippenanhänge u. s. w. benannt. Mit diesen verschiedenen Bezeichnungen hat man oft auch verschiedene Vorstellungen über ihre Funktion verknüpft.

Schon ERMAN ¹⁾ hat in seiner Arbeit »Über die automatische Undulation der Nebenkiemen einiger Bivalven« die beiden Hauptrichtungen in der Deutung der Funktion dieser Organe angegeben. Er hebt nämlich hervor, dass, wenn man die Richtung der von den Mundlappen erzeugten Wasserströmungen und die Lage dieser Organe erwägt, man geneigt ist, dieselben als die Nahrungsaufnahme begünstigende Organe anzusehen, dass aber, wenn man den Umstand berücksichtigt, dass sie mit Blutgefäßen reichlich versehen sind, man mehr geneigt wird, ihnen eine Bedeutung für die Respiration zuzumessen. In Übereinstimmung mit dieser letzten Überlegung nannte ERMAN sie auch Nebenkieme.

In seinem Referat über die Cilien in TODD's »Cyclopædia of Anatomy and Physiology« deutete SHARPEY ²⁾ die Bedeutung der Mundlappen als wahrscheinlich

¹⁾ Abhandl. der königl. Akad. der Wissensch., Berlin 1833.

²⁾ p. 622.

eine respiratorische. SIMROTH ¹⁾ hebt ebenfalls hervor, dass sie eine respiratorische Bestimmung zu haben scheinen, dass sie aber keine spezifische Sinnesorgane sein können.

Während somit die respiratorische Bedeutung der Mundlappen von diesen Verff. in erster Linie betont wird, heben andere besonders ihre Beziehung zur Nahrungsaufnahme hervor. Schon ALDER und HANCOCK ²⁾ und WILLIAMS ³⁾ sprachen die Vermuthung aus, dass diese Organe vielleicht dazu geeignet sind, eine Nahrungsauswahl zu vermitteln, indem sie geschmackwidrige Stoffe vom Mund wegtreiben und die zur Nahrung geeigneten Theilchen dem Mund zuleiten können.

Dass die Mundlappen dem Mund zuführende Organe sind, darin stimmen auch MILNE EDWARDS ⁴⁾ und BRONN ⁵⁾ ein. In BRONN's Klass. und Ordnung. wird hervorgehoben, dass sie zur Mandukation und Respiration bestimmt sein möchten ⁵⁾ und dass die erste Verrichtung ihre Hauptaufgabe ist. Durch ihre wimpernde und strudelnde Thätigkeit sind sie nämlich im Stande die von den Kiemenblättern kommenden Wasserströmchen dem Mund zuzuführen.

Hinsichtlich dieser Bildungen bei *Mytilus edulis* sagt SABATIER ⁶⁾, dass ihr Bau »est éminement propre à diriger vers l'ouverture buccale les matières alimentaires«. Die Mundlappen nehmen vom beweglichen Fuss und von den Kiemenblättern Nahrungspartikelchen auf und durch wurmförmige Kontraktionen, durch die Schlagrichtung der Wimpern und infolge der Stellung der an den gegeneinander gewendeten Flächen befindlichen Rippen zwingen die Mundlappen die Nahrungspartikelchen zum Mund zu gehen.

In seiner Arbeit über die Mundlappen bei den *Lamellibranchiaten* hat THIELE ⁷⁾, gleichzeitig damit er mehr eingehend ihren Bau bei verschiedenen Muscheln untersucht hat, auch einige Beobachtungen über die physiologische Wirksamkeit dieser Organe hauptsächlich bei den *Najaden* angestellt. Bei diesen Muscheln beobachtete er, wie die von der Marginalrinne der Kiemenblätter kommenden Fremdkörperchen zwischen die Mundlappen gelangten und dem Mund zugeführt wurden. Ferner fand THIELE, dass längs dem unteren Rand der Mundlappen ein nach hinten gegen die Spitze dieser Organe wirkender Wimperstrom vorhanden ist. Während die zwischen den Mundlappen hineingekommenen Partikelchen infolge der Schlagrichtung der Oberflächenwimpern vorwärts zum Mund transportirt werden, werden die Theilchen, die zum unteren Mundlappenrand gelangen, rückwärts vom Mund weggetrieben. Auf diese Beobachtung gestützt spricht THIELE in Übereinstimmung

¹⁾ Über die Sinneswerkzeuge unserer einheimischen Weichthiere: Zeitschr. f. wiss. Zoolog., Bd. 26, 1876, p. 295 u. 328.

²⁾ l. c. p. 377.

³⁾ l. c. p. 49—50.

⁴⁾ Leçons sur la Physiologie et l'Anatomie comparée de l'Homme et des Animaux, T. V, p. 361.

⁵⁾ l. c. p. 363 u. 364.

⁶⁾ Anatomie de la moule commune; Ann. des Scienc. natur., Sér. 6, Zool. et Paléont., T. V, 1877, p. 6—7.

⁷⁾ l. c. p. 265—266.

mit ALDER und HANCOCK die Vermuthung aus: »es werden untaugliche Stoffe vielleicht von der Mundlappenrandströmung und wahrscheinlich von der nach hinten treibenden Mantelwimpern bis an die Siphonalöffnung zurückgeführt».

In Übereinstimmung mit BRONN hebt auch THIELE¹⁾ hervor, dass die Mundlappen eine Nebenfunktion als respiratorische Organe zu haben scheinen. Der Leistenbesatz, womit sie an den gegeneinander gekehrten Seiten versehen sind, dient als eine Oberflächenvergrößerung diesem Zwecke, da er für die Nahrungsbeschaffung keinen sonderlichen Werth haben dürfte. Auf dieselbe Weise wie die Kiemenblätter sowohl als Athmungs-, Zuleitungsorgane und Bruttaschen funktionieren können, so dienen auch die Mundlappen zwei verschiedenen Zwecken. Zuerst und hauptsächlich sind sie Zuleitungsorgane, daneben unterstützen sie auch in der Respirationsarbeit die Kiemen.

Gleichzeitig mit seiner Untersuchung über die Lebensweise und Entwicklung des Bitterlings hat OLT²⁾ auch hinsichtlich der vorliegenden Frage einige Beobachtungen gemacht. Auch dieser Verf. fasst die Mundlappen als Organe auf, die bei der Nahrungszufuhr zum Munde wirksam sind, aber ihre Thätigkeit wird von OLT auf eine etwas andere Weise als von den vorigen Verff. gedeutet. Er hebt nämlich hervor, dass die Mundlappenflächen die an sie gelangten Partikelchen von ihren Rändern bis zur Spitze arbeiten, und dass die Fremdkörperchen, welche meist mit Schleim zusammengeballt sind, von hier in der Nähe des Mundes abfallen und danach in den von Munde aufgenommenen Wasserstrom gelangen. Nach OLT wären also die Mundlappen wohl eigentlich als Organe anzusehen, an welchen die kleinen Nahrungspartikelchen mit Schleim vermengt und gesammelt werden, um danach von einem zuführenden Wasserstrom zum Mund getrieben zu werden.

Bei *Yoldia* und *Nucula* hat DREW³⁾ gezeigt, dass durch die Bewimperung am tentakelähnlichen Anhang der Mundlappen die Nahrungskörperchen in die Mundrinne zwischen den Mundlappen dem Mund zugeführt werden. Die Mundlappen und ihre Anhänge sind bei diesen Muscheln somit bei der Nahrungszufuhr wirksam.

In seiner grossen Monographie über die *Mytiliden* hat LIST⁴⁾ den Bau der Mundlappen bei diesen Muscheln eingehend untersucht und sich auch bezüglich ihrer physiologischen Bedeutung geäussert. LIST stimmt der Auffassung THIELE's völlig bei und deutet somit die Mundlappen bei den *Mytiliden* als Zuleitungsorgane: — — — »Der äussere Mundlappen nimmt vom äusseren Kiemenblatt und der innere vom inneren die festen Körperchen in Empfang und strudelt sie den Rinnen entlang nach dem Mund hin».

In Übereinstimmung mit der Auffassung der jetzt erwähnten Verff. wird auch in unseren Lehrbüchern der Zoologie die Funktion der Mundlappen dargestellt.

¹⁾ l. c. p. 268—269.

²⁾ l. c.

³⁾ l. c.

⁴⁾ Die *Mytiliden* des Golfes von Neapel: Fauna u. Flora des Golfes von Neapel, Berlin 1902, p. 251—253.

Durch die Bewimperung dieser Organe werden die mit dem Wasser in die Mantelhöhle aufgenommenen Nahrungskörper in den Mund eingeleitet (BOAS, CLAUS-GROBEN u. a.).

Im Gegensatz zu der erwähnten von einer Menge Verff. gehegten Auffassung liegt auch eine andere vor, nach welcher die Bedeutung dieser Organe nicht in einer zuleitenden sondern in einer vom Mund wegtreibenden Wirksamkeit zu sehen ist.

Wir haben schon gefunden, dass bereits ALDER und HANCOCK den Mundlappen eine vom Mund wegtreibende Funktion zuschreiben wollten, indem sie annehmen, dass das Eindringen von geschmackwiedrigen Stoffen in den Mund durch diese Organe verhindert werden könnte. Ferner haben THIELE und OLT beobachtet, dass am unteren Mundlappenrand eine nach hinten gehende Strömung die hierher gelangten Partikelchen vom Mund wegtreibt. Durch seine eingehende Untersuchung über die Wasser- und Körnchenströmungen bei *Mytilus edulis* ist M'ALPINE ¹⁾ zu der Ansicht gekommen, dass die Mundlappen die zu ihnen angelangten Fremdkörper nicht dem Mund zuführen, sondern von ihm wegtreiben. Die Schlagrichtung ihrer Wimpern geht nämlich nach M'ALPINE nicht in der Richtung nach sondern von dem Mund weg, d. i. gegen die Mundlappenspitze hin. Durch die Wirksamkeit dieser Organe wird das Eindringen allerlei in die Mantelkammer hineingekommener Fremdkörperchen in die Mundhöhle verhindert. Die Mundlappen bilden somit dem Mund einen Schutz. Eine ähnliche Ansicht spricht hinsichtlich *Pholas* auch COUPIN ²⁾ aus. Er hebt hervor, dass man im allgemeinen die Auffassung hegt, dass die Mundlappen immer die Nahrungspartikelchen zum Mund treiben, und dass dies zwar gewöhnlich der Fall sein mag, dass aber bei *Pholas* ihre Wirksamkeit eine ganz entgegengesetzte ist. Sie verhindern hier nämlich ohne Zweifel voluminöse Fremdkörper in den Mund hineinzudringen.

In seiner oft erwähnten Arbeit über die Strömungen im Mantelraum hat STENTA ³⁾ sich neulich auch hinsichtlich der Bedeutung der Mundlappen geäußert. Er hebt hervor, dass seine Beobachtungen im grossen und ganzen dafür sprechen, dass diese Organe die zwischen sie gerathenen Substanzen vom Mund wegführen, fügt aber zu: »ich kann — — — diese nur durch direkte Beobachtung zu lösende Frage noch nicht als erledigt betrachten».

Wir finden also, wenn wir die von den verschiedenen Verff. bezüglich der Bedeutung der Mundlappen ausgesprochenen Auffassungen überblicken, dass die Ansichten weit aus einander gehen oder sogar einander ganz entgegengesetzt sind. Man hat diesen Organen vorzugsweise eine respiratorische Bedeutung zugeschrieben, in ihnen Bildungen gesehen, die die Nahrungspartikelchen in den Mund hineintreiben, und zuletzt hat man sie als Schutzorgane aufgefasst, durch deren Wirksamkeit das Eindringen von Fremdkörpern in die Mundhöhle verhindert wird.

¹⁾ l. c. p. 173—207.

²⁾ l. c. p. 373—76.

³⁾ l. c. p. 8.

Es scheint allerdings als ein sehr bemerkenswerthes und eigenthümliches Verhältnis, dass die Forscher bei der Untersuchung an derselben Muschelart zu ganz widersprechenden Ansichten über die physiologische Bedeutung dieser Organe gekommen sind. Wie kann z. B. SABATIER in Bezug auf die Mundlappen bei *Mytilus* sagen, dass sie Organe vorstellen, deren Bau »éminement propre à diriger vers l'ouverture buccale les matières alimentaires« ist, während M'ALPINE ebenso bestimmt versichert, dass sie bei derselben Muschel die an sie angelangten Theilchen vom Mund wegtreiben. Man möchte sich wohl vorstellen, dass es eine sehr einfache Sache wäre, diese Frage zu entscheiden, ob die kleinen Partikelchen an der Oberfläche der Mundlappen bei *Mytilus* vorwärts dem Mund zu- oder rückwärts vom Mund weggetrieben werden. Trotzdem aber liegen, wie wir sehen, diesbezüglich einander ganz entgegengesetzte Beobachtungen vor. Wenn man dies Verhältnis berücksichtigt, wird man geneigt, die Erklärung dieser sich widersprechenden Angaben in einer schon von den älteren Verff. gemachten Beobachtung hinsichtlich der Schlagbewegung der Mundlappenwimperen zu suchen. PURKINJE und VALLENTIN¹⁾ erwähnen nämlich, dass sie bei *Unio* beobachtet haben, wie die an den gegeneinandergewendeten Seiten der Mundlappen befindlichen Wimpern ihre Schlagrichtung ändern können, so dass sie einmal nach und ein andermal von dem Mund schlagen, eine Beobachtung, die ENGELMANN²⁾ auch bestätigt hat. VIGNON³⁾ behauptet ebenfalls einen solchen Umkehr der Wimperbewegung an den Mundlappen bei *Anodonta* beobachtet zu haben. Wenn wirklich die Sachlage so wäre, dass die Mundlappenwimpern ihre Schlagrichtung umkehren könnten, dann wären offenbar die sich widersprechenden Angaben der Verff. leicht erklärlich und die verschiedenen Auffassungen hinsichtlich der Beziehung der Mundlappen zu dem Nahrungstransport mit einander ohne weiteres vereinbar. STENTA hebt auch eine solche Erklärungsmöglichkeit hervor. Ferner wäre es von einem ziemlich grossen allgemeinen Interesse, wenn es sich bei einer näheren Untersuchung herausstellen sollte, dass die Wimpern bei so hoch entwickelten Metazoen, wie den Muscheln, ihre Schlagrichtung ändern könnten, denn bekanntlich liegen nur ganz wenige bestimmte Beobachtungen vor, welche daran deuten, dass ein Umkehr der Schlagrichtung bei den Metazoenwimpern möglich ist. Wir kommen auf diese Frage später zurück. Jetzt wollen wir zuerst die von mehreren Verff. vermuthete respiratorische Bedeutung der Mundlappen mit einigen Worten berücksichtigen.

¹⁾ Entdeckung continuirlicher durch Wimperhaare erzeugter Flimmerbewegung etc.: MÜLLER's Arch., Bd. 1, 1835.

²⁾ Über die Flimmerbewegung: Jen. Zeitschr., Bd. IV, 1868, p. 476. — Die Flimmerbewegung: HERMANN's Handbuch der Physiologie, I, 1, p. 386.

³⁾ Les Cils vibratiles: Causeries scientifiques de la Societ. zoolog. de France, An. 1900, Nr. 3, Paris, p. 45.

Die angenommene respiratorische Bedeutung der Mundlappen.

Wie THIELE hervorhebt, ist nämlich die Annahme einer Nebenfunktion der Mundlappen zu respiratorischem Zwecke nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen. Es dürfte wohl ziemlich sicher sein, dass bei den Muscheln die Mantellappen und auch die übrigen bewimperten Theile der Körperoberfläche die respiratorische Wirksamkeit der Kiemen unterstützen und dass somit bei diesen Thieren, wenn ich so sagen darf, eine verhältnismässig lebhaft Hautathmung stattfindet. Dass die Mundlappen an dieser allgemeinen Hautathmung theilnehmen, scheint mir ziemlich klar. Sie können aber aller Wahrscheinlichkeit nach keine nennenswerthe Leistung als Athmungsorgane hervorbringen. Daher kann man sie auch völlig extirpiren, ohne dass die Muschel irgendeine Veränderung zeigt, die an eine herabgesetzte Athmungswirksamkeit deutet. Bei den meisten *Lamellibranchiaten* sind die Mundlappen auch im Vergleich zu den Kiemen sehr klein, und bei vielen sind die Blutbahnen in ihnen nicht besonders reichlich.

Was die Leistenbildungen auf den einander zugekehrten Flächen anbelangt, welche THIELE als eine Oberflächenvergrösserung zum Zwecke der respiratorischen Wirksamkeit der Mundlappen deutet, so möchte ich bemerken, dass allerdings natürlich eine Oberflächenvergrösserung durch diese Bildungen bewirkt wird, aber dass damit nicht ohne weiteres gesagt ist, dass die Leisten zum respiratorischen Zwecke entstanden sind. Wenn wirklich dies der Fall wäre, dann könnte man, wie mir scheint, schwerlich sagen, dass die respiratorische Wirksamkeit eine Nebenfunktion wäre, denn dann wären ja die Mundlappen für diesen Zweck ganz besonders angepasst. Ferner könnte man wohl fragen, warum Leistenbildungen nur an den zugekehrten und nicht auch an den anderen Seiten der Mundlappen entstanden sind. Für ihre respiratorische Wirksamkeit dürfte es wohl bedeutungsvoll sein, wenn eine solche Oberflächenvergrösserung an den abgewendeten Seiten auch entstanden wäre, dies um so mehr, als es vorzugsweise diese Seiten sind, welche vom Wasser umgespült werden, da die zugekehrten gewöhnlich gegen die Kiemenblätter und gegen einander gedrückt werden. Da aber die Leisten auf die gegeneinander gewendeten Seiten der Mundlappen beschränkt sind, so deutet wohl schon dies daran, dass diese Bildungen eine ganz specielle Bedeutung eben für die Wirksamkeit dieser Seite haben müssen. Da THIELE sagt, dass der Leistenbesatz für die Nahrungsbeschaffung keinen sonderlichen Werth haben dürfte, so ist dies nicht richtig. Die Leistenbildungen sind nämlich für die Wirksamkeit der Mundlappen bei des Fremdkörpertransports sehr wichtige Einrichtungen und im folgenden werden wir auch sehen, welche Bedeutung diese Bildungen haben. Somit können wir hinsichtlich der angenommenen respiratorischen Bedeutung der Mundlappen sagen: Die Mundlappen zeigen keine specielle Organisationsverhältnisse, die an eine besondere respiratorische Wirksamkeit deuten. Nur an der allgemeinen Hautathmung dürften sie theilnehmen und haben somit nur in diesem Sinne eine respiratorische Bedeutung.

Da wir also den Mundlappen keine besondere respiratorische Funktion zu messen können, wollen wir ihre angenommene Wirksamkeit als dem Mund zuleitende oder vom Mund wegtreibende Organe näher untersuchen.

Die Beziehung der Mundlappen zur Nahrungsaufnahme.

Um hinsichtlich der Bedeutung der Mundlappen für den Körnchentransport ins Klare zu kommen, müssen wir einige Verhältnisse in Bezug auf ihren Bau und ihre Bewimperung näher ins Auge fassen.

Zwar sind die Mundlappen hinsichtlich ihres Baues von einer Menge Verff. bei verschiedenen Muscheln untersucht worden, allein da es jetzt gilt, die Wirksamkeit dieser Organe näher kennen zu lernen, ist es nothwendig die Untersuchung auf einige specielle Verhältnisse einzurichten, die von früheren Verff. wenig oder gar nicht berücksichtigt worden sind. Besonders wichtig für die vorliegende Frage ist es offenbar die Bewimperung der leistentragenden Seiten und die Schlagrichtung der Wimpern an den verschiedenen Theilen der Mundlappen klarzulegen zu versuchen. Daher gehen wir jetzt zur Untersuchung dieser Verhältnisse über und fangen mit *Mytilus edulis* an.

Bekanntlich ist bei *Mytilus edulis* die Mundöffnung von einer ziemlich hohen Vorder- und Hinterlippe umrandet, welche wie bei den *Lamellibranchiaten* überhaupt nach hinten an jeder Seite sich in die beiden länglich dreieckigen und ziemlich spitz ausgezogenen Mundlappen verlängern. Schon SABATIER ¹⁾, aber besonders THIELE ¹⁾ hat bei *Mytilus edulis* diese Organe ihren Hauptzügen nach ziemlich richtig beschrieben und abgebildet. Bei anderen *Mytiliden* sind sie von LIST ²⁾ eingehend untersucht worden.

Wie LIST hervorhebt, sind die Mundlappen mittels ihrer Basis an jeder Seite so dem Körper angewachsen, dass ihre Anwachsflächen vom Mund aus nach zwei verschiedenen Richtungen nach hinten verlaufen, die eine (am eigentlichen Körper) nach innen zu und die andere (am Mantellappen) nach aussen, so dass man von einem äusseren und inneren Mundlappen jederseits sprechen kann. In diesem von den beiden Mundlappen an jeder Seite gebildeten Winkel, dem Mundlappenwinkel, sind die vorderen Enden der beiden Kiemenblätter gelegen. Bei dieser Muschel strecken sich nämlich beide Blätter des Ctenidiums ungefähr gleich weit nach vorn. Da die angewachsene Mundlappenbasis sehr kurz ist und ferner die beiden Mundlappen nur in ihrem vorderen Theil mit einander verwachsen sind, werden diese Organe bei *Mytilus* zum grössten Theil frei. Die zwischen den Mundlappen und zwischen den Lippen befindliche zum Mund führende Rinne, die Mundrinne, wird aber infolgedessen verhältnismässig kurz und hauptsächlich von den beiden Lippen begrenzt. Das Vorderende der Kiemenblätter mit ihren Marginalrinnen erreicht in dem Mundlappenwinkel das Hinterende der Mundrinne.

¹⁾ l. c.

²⁾ l. c. p. 241—253.

Infolge der Stellung der Mundlappen können wir an jedem einen Hinter- bzw. Oberrand (Fig. G, *Hr*) und einen Unter- bzw. Vorderrand (*Ur*), die in die resp. Lippenränder unmittelbar übergehen, unterscheiden. Als Innenseite bezeichne ich die, welche die beiden zusammenhörenden Mundlappen gegen einander und gegen die aufsteigenden Lamellen der beiden Kiemenblätter wenden.

Bezüglich der Form und des gegenseitigen Verhaltens der Mundlappen weichen die *Najaden* von den oben beschriebenen Verhältnissen in einigen Hinsichten ab, die ich hier kürzlich erwähnen muss. Bei den *Najaden* sind die Mundlappen bedeutend breiter und ihre dem Körper angewachsene Basis ist viel länger (Fig. M). Ferner sind die beiden derselben Seite zuhörenden Mundlappen auf eine grössere Strecke mit einander längs ihrem basalen Theil zusammengewachsen. Infolge dieser Verhältnisse sind bei den *Najaden* die Mundlappen nicht so frei und beweglich wie bei *Mytilus*. Die Mundrinne wird auch bei den *Najaden* viel länger und erstreckt sich beinahe zum Hinterrand der Mundlappen.

Die Lage der beiden Kiemenblätter im Verhältnis zu den Mundlappen ist auch bemerkenswerth. Das äussere Kiemenblatt, das bekanntlich glattrandig (ohne Marginalrinne) ist, ist sowohl kürzer und schmaler als das innere mit Marginalrinne versehene und endet nach vorn unmittelbar innerhalb des Hinterrandes des äusseren Mundlappens (Fig. A, Seite 7). Das innere Kiemenblatt dagegen streckt sich weiter nach vorn in den Mundlappenwinkel hinein und erreicht mit dem Rand seines vorderen Theiles das Hinterende der Mundrinne. Der Mundlappenwinkel bietet bei den *Najaden* auch ein von *Mytilus* abweichendes Verhalten dar. Infolge der ausgedehnten Verwachsung der beiden Mundlappen ist der Mundlappenwinkel verhältnismässig seicht und vom Hinterrande jedes Mundlappens geht eine wulstförmige Erhöhung am Mantellappen nach oben. Der Mundlappenwinkel setzt sich somit in eine verhältnismässig tiefe Rinne ein ziemlich beträchtliches Stückchen an dem Mantel fort und in dieser Rinne liegt eben das Vorderende des inneren Kiemenblattes.

Die Form und Verwachsungsverhältnisse der Mundlappen bei *Mya* stimmen hauptsächlich mit den Verhältnissen bei *Mytilus* überein. Die Mundlappen sind jedoch bei *Mya* mehr gerade nach unten gerichtet und ein wenig breiter. Das äussere Kiemenblatt endet, wie bei den *Najaden*, am Hinterrand des äusseren Mundlappens, während das innere sich weiter nach vorn zwischen die beiden Mundlappen bis zum Hinterende der kurzen Mundrinne streckt.

Nachdem wir somit die Form und Lage der Mundlappen bei den betreffenden Muscheln kurz geschildert haben, können wir in der Darstellung der übrigen Verhältnisse dieser Organe weiter fortgehen. Wie schon hervorgehoben wurde, sind die einander zugekehrten Flächen der Mundlappen ihrer Quere nach gerieft. In Bezug auf das Verhalten dieser Riefen oder Leisten zeigen aber die verschiedenen Muscheln einige Abweichungen. Bei *Mytilus* erstrecken sich die quergehenden Leisten nicht vom unteren bis zum oberen Rand der Mundlappen, sondern scheinen nur auf die untere Hälfte der inneren Seite beschränkt zu sein (Fig. P). Wie aber THIELE

schon hervorgehoben hat, enden indessen die Leisten nicht, wie es bei oberflächlicher Beobachtung scheint, an der Mittellinie, da wo die ungeriefte Hälfte der inneren Mundlappenseite anfängt, sondern setzen sich unter der ungeriefen Oberfläche dieser Hälfte beinahe bis zum hinteren Mundlappenrand (*Ur*) fort. Im Inneren der oberen Mundlappenhälfte haben wir also bei *Mytilus* neben einander liegende Rörchen, die die Fortsetzungen der Rinnen zwischen den Leisten der geriefen Hälfte darstellen. Dies Verhalten, dass nämlich der obere Mundlappenthail keine oberflächlichen Leistenbildungen zeigt, ist, wie THIELE schon bemerkt, offenbar davon bedingt, dass vom hinteren Rand des Mundlappens eine Hautfalte sich über diesen Theil der geriefen Innenseite geschlagen und mit den freien Rändern der Leisten verwachsen hat. In ihrem unteren Rand bleibt aber diese Falte frei und ragt ein Stückchen über die Leisten hervor. Es bildet sich hier also, wie SABATIER ¹⁾ schon beobachtet hat, längs der Mitte der

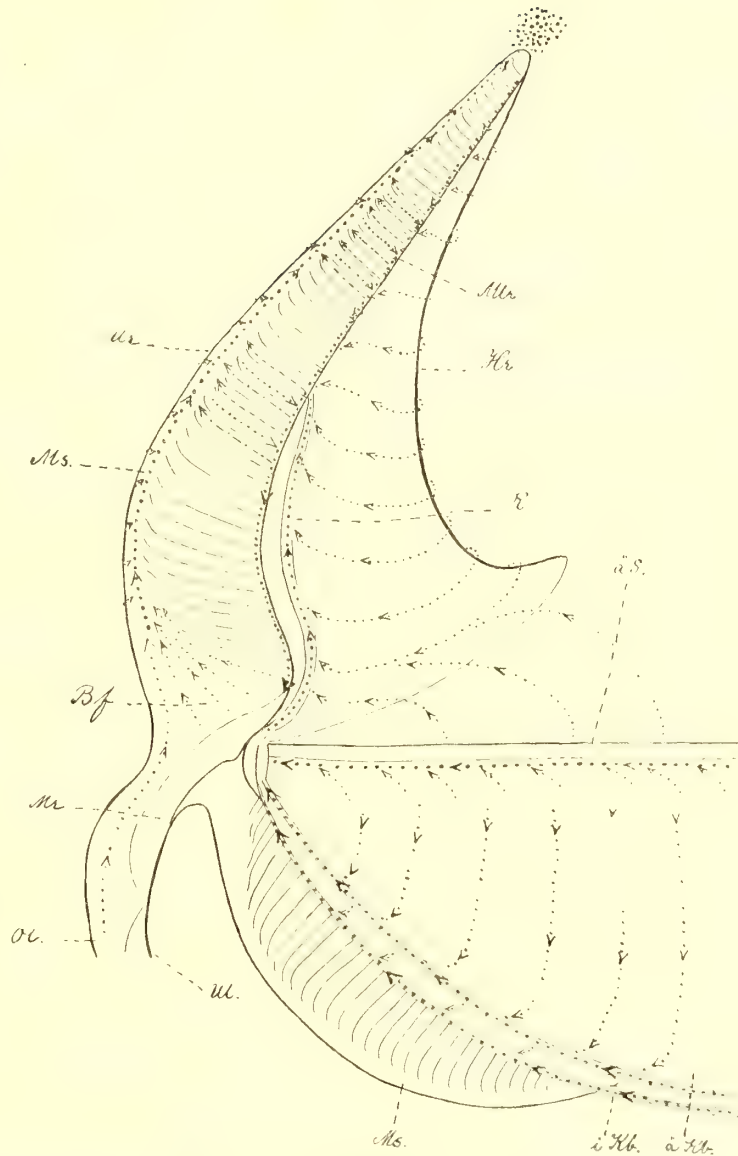


Fig. P. *Mytilus*: die Mundlappen mit den Lippen und vorderen Theilen der Kiemenblätter der linken Seite. *Ol* und *Ul* = die Ober- und Unterlippe; *Ur* und *Ur* = der Unter- bzw. Vorderrand und der Hinter- bzw. Oberrand des Mundlappens; *Mr* = die Mundrinne; *Ms* = der Mundlappensaum; *Bf* = das ungeriefte Basalfeld; *R* = die seichte Rinne an der ungeriefen oberen Mundlappenhälfte; *Mr* = die innere Mundlappengrube; *iKb* und *äKb* = das innere und äussere Kiemenblatt.

¹⁾ l. c. p. 6.

Mundlappeninnenseite an der Grenze zwischen der leistentragenden und glatten Hälfte eine Rinne, die Mundlappenrinne (Fig. P, *Mlr*), welche in die Mundrinne nach vorn mündet (Fig. P, *Mr*). Vom Mundlappenwinkel geht an der ungerieften basalen Hälfte den oben erwähnten Saum folgend eine seichte Rinne nach hinten bis zur Mitte des Mundlappens, wo sie sich über den Saum biegt, um auf die geriefte Hälfte auszumünden (Fig. P, *R*). Diese Rinne entsteht dadurch, dass der erwähnte Saum am vorderen Theil des Mundlappens ein wenig nach aussen gebogen ist.

Am Unterrande erreichen, wie LIST hervorhebt, die Leisten nicht ganz die freie Kante des Mundlappens, sondern lassen eine schmale

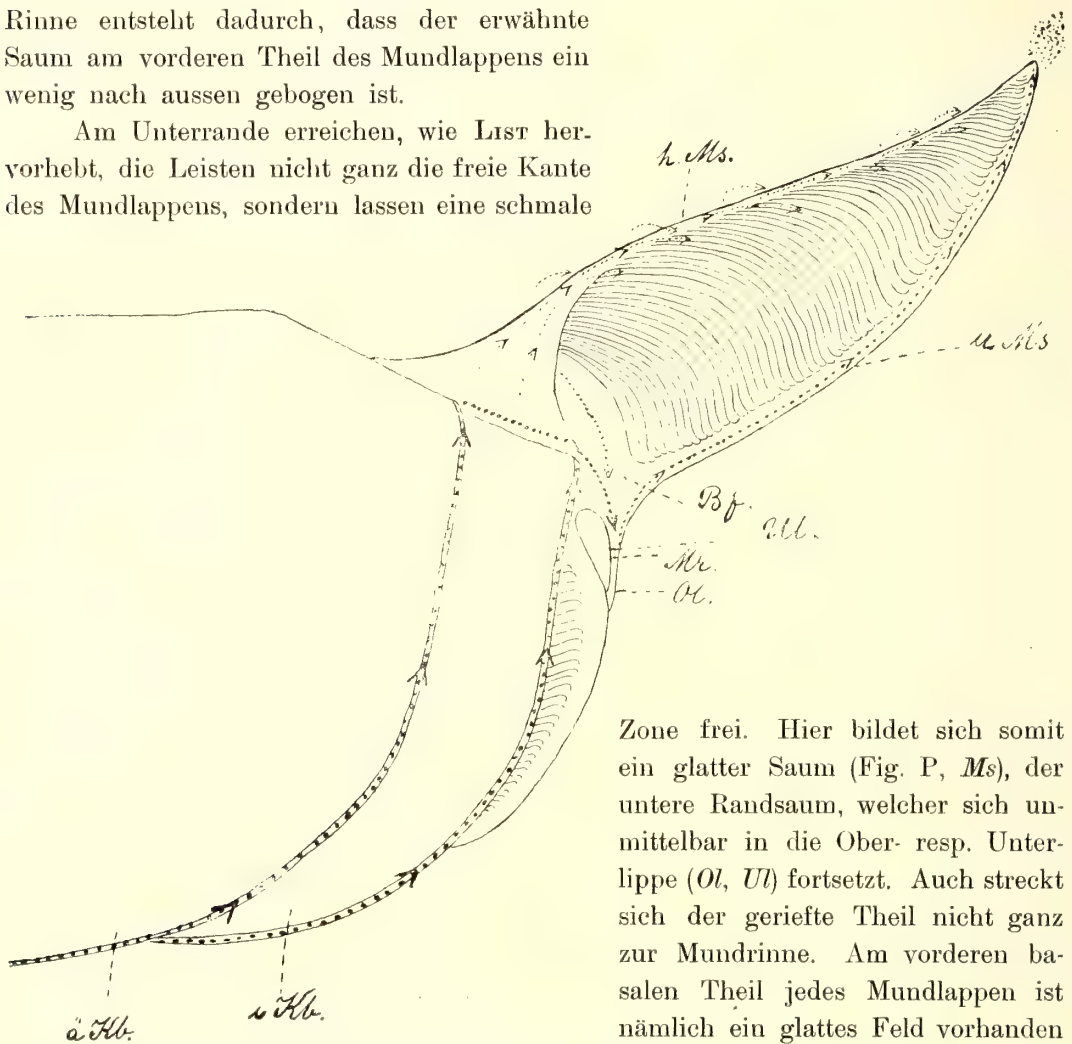


Fig. Q. *Mya*: Die Mundlappen, Lippen und vorderen Theile der Kiemenblätter der rechten Seite. Die Bezeichnung wie in Fig. P.

Zone frei. Hier bildet sich somit ein glatter Saum (Fig. P, *Ms*), der untere Randsaum, welcher sich unmittelbar in die Ober- resp. Unterlippe (*Ol*, *Ul*) fortsetzt. Auch streckt sich der geriefte Theil nicht ganz zur Mundrinne. Am vorderen basalen Theil jedes Mundlappens ist nämlich ein glattes Feld vorhanden (*Bf*), das die Mundrinne unmittelbar begrenzt.

Bei *Mya* sind diese soeben geschilderten Verhältnisse viel einfacher. Hier ist beinahe die ganze innere Fläche der Mundlappen ihrer Quere nach gerieft (Fig. Q). Die Leisten, welche bei *Mya* mehr gebogen gehen, lassen nur am Vorder- und Hinterrand einen schmalen Saum frei. Der vordere Randsaum (*uMs*) ist ein wenig breiter als der hintere (*hMs*).

Der hintere Randsaum bildet bei *Mya* keine Rinne. Der basale Theil der Innenseite (*Bf*) ist wie bei *Mytilus* glatt.

Die Mundlappen bei den *Najaden* sind, wie erwähnt, mit einander ausgedehnt verwachsen und infolgedessen ist auch die Mundrinne lang (Fig. R, *Mr*). Der Leistenbesatz ist, wie schon die früheren Verff. beobachtet haben, gut entwickelt, streckt sich aber nicht über die ganze Innenfläche. Auf dem hinteren Theil jedes Mundlappens enden die Leisten nämlich an einem schwach erhöhten Wall, der von der Spitze schräg nach vorn und innen zum Hinterende der Mundrinne geht (Fig. R, *Hr*). Es entsteht somit hier an jedem Mundlappen ein dreieckiges ebenes Feld. Am Unterrand ist, wie bei den schon erwähnten Muscheln, auch ein Randsaum (*Ms*) vorhanden. Der zwischen den beiden Mundlappen liegende Theil der Mundrinne

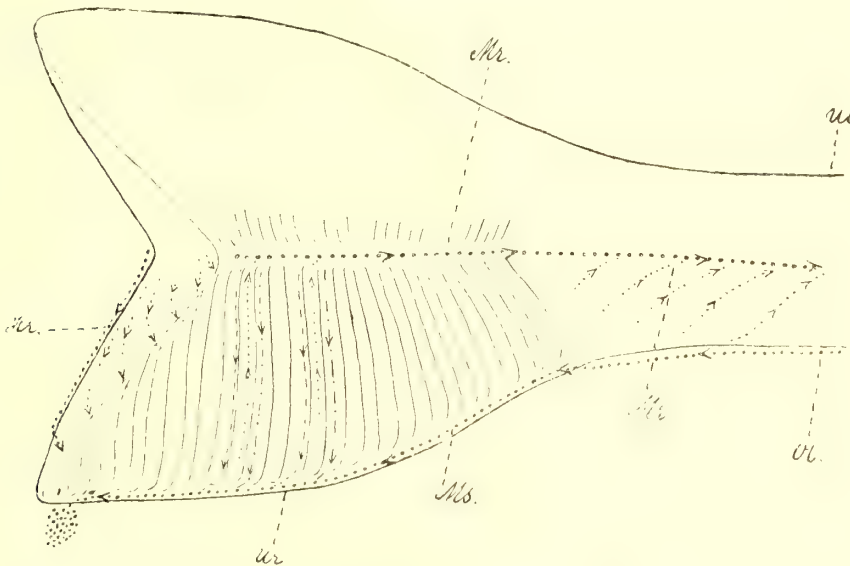


Fig. R. *Anodonta*: Die beiden Mundlappen der rechten Seite, von ihren inneren Flächen gesehen. Die Bezeichnung = Fig. P.

ist ebenfalls ganz glatt, indem die Leisten an jeder Seite enden, bevor sie den Rinneboden erreicht haben (Fig. R, *Mr*).

Nachdem wir also jetzt die Form, das gegenseitige Verhalten und übrige Umstände hinsichtlich des Baues der Mundlappen, in so weit sie für die vorliegende Frage wichtig sind, kennen gelernt haben, gehen wir zu einer näheren Untersuchung über ihre Bewimperung und die damit im Zusammenhang stehenden Fragen über.

Die ungerieften Theile der Mundlappen und die Lippen sind bei *Mytilus* mit einer Wimperkleidung versehen, die aus verhältnismässig kleinen und dicht sitzenden Cilien zusammengesetzt ist. Auf der Aussenseite und am freien Rand der Lippen schlagen sie nach hinten gegen die resp. Mundlappen. An der Aussenseite dieser Organe geht der Wimperstrom ebenfalls nach hinten in der Richtung gegen den hinteren Mundlappenrand. Am Rande selbst schlagen die Wimpern nach innen

gegen die Innenseite und an der ungerieften oberen Hälfte dieser Seite nach unten den Leisten zu (Fig. P, *Hr*, Seite 35). In der erwähnten seichten Rinne am vorderen Theil der ungerieften Hälfte (*R*) geht aber die Schlagrichtung der Wimpern nach hinten. Die auf dem glatten Basalfeld (*Bf*) der Innenseite befindlichen Wimpern schlagen nach unten und schräg nach hinten gegen den unteren Mundlappenrand und die des unteren Mundlappensaumes (*Ms*) nach hinten gegen die Spitze hin.

Aus der jetzt beschriebenen Schlagrichtung der Wimpern ist es ohne weiteres ersichtlich, wie der Körnchentransport auf den erwähnten Theilen der Lippen und der Mundlappen stattfinden muss. Wenn Karminkörnchen an die Aussenseite der Lippen geträufelt werden, werden sie zur Aussenseite der resp. Mundlappen getrieben und hiervon schnell um den Hinterrand herum (Fig. F, Seite 11) nach der Innenseite fortgeführt (Fig. P, Seite 35). Hier werden sie nach unten gegen den Saum zwischen den gerieften und ungerieften Theil getrieben. An dem hinteren Theil der Innenseite erreichen sie unmittelbar diesen Saum, auf dem vorderen oder basalen Theil dagegen kommen die Körnchen zuerst in die seichte Rinne (*R*) und werden als eine kleine Hauptströmung in dieser nach hinten transportirt, um an der Mitte des Mundlappens über den Saum auf den leistentragenden Theil der Innenseite entleert zu werden (Fig. P, *R*). Vom Lippenrand (*Ol*) und von dem ungerieften Basalfeld der Mundlappeninnenseite (*Bf*) werden die Körnchen zum unteren Mundlappensaum (*Ms*) getrieben und an diesem als eine Hauptströmung weiter nach hinten bis zur Spitze fortgeführt, wo sie mit Schleim reichlich vermengt angehäuft werden.

Bei *Mya* ist die Schlagrichtung der Wimpern an den betreffenden Theilen der Mundlappen im grossen und ganzen mit den oben geschilderten Verhältnissen übereinstimmend. Daher gehen auch die Körnchenströmungen, natürlich mit den Verschiedenheiten, die von den verschiedenen Bauverhältnissen der Mundlappen bedingt werden, in denselben Bahnen. An der Aussenseite der Lippen und der Mundlappen werden also die Körnchen in der Richtung nach hinten transportirt (Fig. H, Seite 13). Am hinteren Rand des Mundlappens gehen sie natürlich unmittelbar an den leistentragenden Theil der Innenseite über (Fig. Q, *hMs*, Seite 36). Längs dem unteren Mundlappensaum (*vMs*) findet wie bei *Mytilus* eine lebhafte Strömung nach der Spitze statt. Bei *Mya* aber werden die Körnchen an den basalen der Mundrinne am nächsten liegenden ungerieften Theile der Innenseite (*Bf*) in der Richtung zur Mundrinne getrieben.

Was die Bewimperung betrifft, weicht *Mya* in einigen Hinsichten von *Mytilus* ab. Die Aussenseite der Mundlappen ist zwar zum grössten Theil mit feinen Cilien bekleidet, gegen den hinteren Rand aber ändern sich die Verhältnisse, indem hier dicke und kräftige Cirren sitzen. Ähnliche Wimpergebilde bekleiden auch den hinteren Rand selbst und den Hintersaum an der Innenseite bis zum leistentragenden Theil.

An der Aussenseite der Lippen bei den *Najaden* gehen die Strömungen nach unten zum freien Rand und an der Aussenseite der Mundlappen haben wir zwei

Strömungsrichtungen (Fig. S). Am unteren Theil werden die Körnchen schräg nach unten und hinten nach dem freien unteren Rand (*Ur*), am oberen, basalen Theil dagegen gerade nach hinten zum hinteren Rand (*Hr*) transportirt. Längs dem freien Rand der Lippen und längs dem unteren Randsaum der Mundlappen fließt auch bei den *Najaden* eine Hauptströmung nach der Spitze zu (Fig. R, *Ol*, *Ms*, Seite 37). Diese Hauptströmung nimmt aber Material nur vom unteren Theil der Aussenseite der Mundlappen (Fig. S) und vom der Aussenseite der Lippen auf. Längs dem hinteren Rand (Fig. S, *Hr*) geht bei den *Najaden* eine andere Hauptströmung in der Richtung gegen die Spitze. Zu dieser Hauptströmung werden die Körnchen von dem basalen und hinteren Theil der Aussenseite des Mundlappens getrieben. Diese Randströmung erreicht aber nicht ganz die Mundlappenspitze, sondern biegt sich

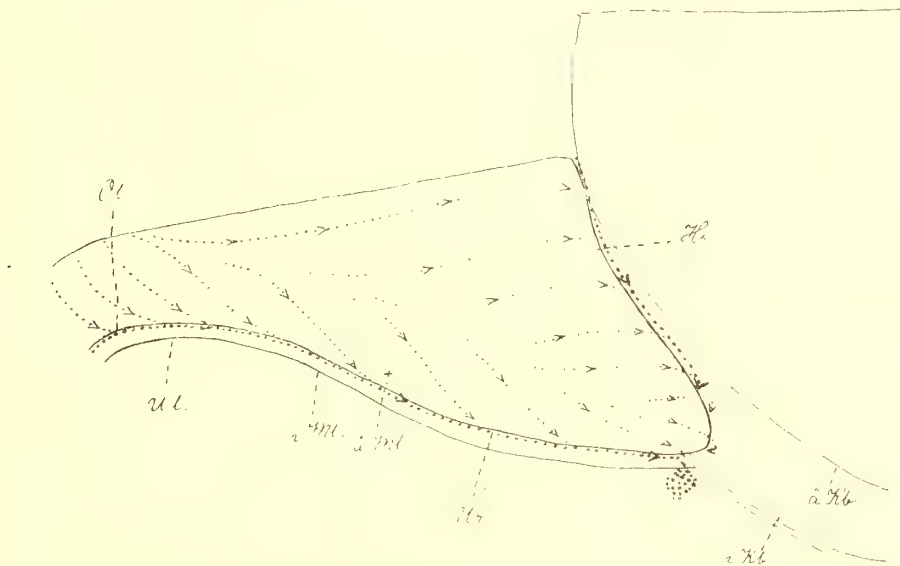


Fig. S. *Anodonta*: Die Mundlappen der linken Seite, von der Aussenseite gesehen. *aMI* und *iMI* = der äussere und innere Mundlappen. Die Bezeichn. = Fig. P.

ein Stückchen oberhalb dieser nach innen (Fig. S, *Hr*) und mündet an den gerieften Theil der Innenseite nahe der Spitze aus (Fig. R, *Hr*, Seite 37). Dieser hintere Randstrom bei den *Najaden* entspricht offenbar dem Rückstrom am basalen ungerieften Theil der Innenseite der Mundlappen bei *Mytilus*. Wenn wir berücksichtigen, wie die ungeriefte Hälfte der Mundlappeninnenseite bei *Mytilus* entstanden ist, so stellt es sich nämlich heraus, dass die hier gehende Rückströmung hinsichtlich ihrer Lage vollkommen dem hinteren Randstrom bei den *Najaden* entspricht.

In der rinnenförmigen Fortsetzung der Mundlappenwinkel nach oben, in welcher bei den *Najaden* das Vorderende des inneren Kiemenblattes liegt, geht der Wimperstrom nach unten. Die Körnchen werden somit von hier zwischen die Mundlappen getrieben und kommen zum hinteren ungerieften Theil der Mundlappen (Fig. R, Seite 37), wo sie nach vorn zu dem gerieften Theil fortgeführt

werden. In der ganzen Mundrinne geht die Körnchenströmung nach vorn bis zum Mund (Fig. R, *Mr*).

Wir haben also jetzt gefunden, dass bei den sämtlichen Muscheln eine Hauptströmung längs dem unteren Rand der Lippen und längs dem unteren Mundlappensaum nach der Spitze der Mundlappen fließt. Bei den *Najaden* ist ausserdem eine Hauptströmung an dem Hinterrand der Mundlappen vorhanden, die ihr Material auf die geriefte Innenseite nahe der Spitze entleert. Bei diesen letzt-erwähnten Muscheln nehmen diese Hauptströmungen alles Material von der Aussenseite der Lippen und der Mundlappen auf. Bei *Mytilus* findet sich am basalen ungeriefen Theil der Innenseite eine kurze, dem hinteren Randstrom bei den *Najaden* entsprechende, rückwärtsfliessende Hauptströmung. Bei dieser Muschel und bei *Mya* werden die Körnchen an der Aussenseite der Lippen und Mundlappen um den hinteren Mundlappenrand herum zur Innenseite fortgeführt.

Nachdem wir also jetzt die Bewimperung an den ungeriefen Theilen der Mundlappen näher untersucht und die durch die Wimpern an diesen Theilen erzeugten in verschiedener Richtung gehenden Wandströmungen kennen gelernt haben, gehen wir zur Darstellung der Verhältnisse auf dem geriefen Theil dieser Organe über. Zuerst wollen wir die schon erwähnte von PURKINJE und VALENTIN herührende Angabe, dass die Wimpern dieser Mundlappenseite die Fähigkeit besitzen, ihre wirksamen Schläge umzukehren, ins Auge fassen. Bekanntlich gilt es für die höheren Metazoen als eine allgemeine Regel, dass die Wimpern sich immer in derselben Richtung bewegen, und nur vereinzelte Angaben deuten daran, dass bei den niederen Metazoen (*Spongien*¹⁾, *Cölenteraten*²⁾ und einigen Würmern³⁾) bisweilen die Wimpern eine solche Fähigkeit die wirksame Schläge umzukehren noch bewahrt haben.

Wenn wir einen gleich vorher ausgeschnittenen Mundlappen von *Mytilus* oder von einer anderen Muschel mit der Innenseite nach oben auf dem Objektglas unter das Mikroskop bringen und ihn bei mittelstarker Vergrößerung untersuchen, so sehen wir, wie die Wimpern in einer lebhaften Bewegung begriffen sind. Träufeln wir etwas Karminwasser auf den Mundlappen, so ist unschwer zu beobachten, dass die Körnchen in verschiedenen Richtungen an verschiedenen Theilen der Leisten und in den zwischen diesen vorhandenen Rinnen getrieben werden. An den Leisten können wir also verschiedene Wimperzonen, deren Wimpern in verschiedenen

¹⁾ MIKLUCHO-MACLAY: Beiträge zur Kenntnis der Spongien, I: Jen. Zeitschr. f. Naturw., Bd. 4, 1868.

²⁾ VIGNON: Recherches de Cytologie générale sur les Epithéliums: Arch. d. Zool. expériment. et génér., Sér. III, T. IX, 1901.

³⁾ MINOT: Studien an Turbellarien: Arb. aus d. Zool.-Zootom. Inst. in Würzburg, Bd. 3, 1876 — 77 — u. a.

Richtungen schlagen, unterscheiden. Wenn wir das Mikroskop auf eine bestimmte solche Wimperzone einstellen und während einer Zeit das Spiel der Wimpern beobachten, so finden wir, wie die Wimpern unaufhörlich die Karminkörnchen in derselben Richtung forttreiben. Niemals machen sie eine Umkehr, so dass die kleinen Körperchen in entgegengesetzter Richtung fortgeführt werden. Auch bei mechanischem, chemischem oder galvanischem Reiz behalten sie ihre ursprüngliche Schlagrichtung unverändert. Eine Schlagumkehr habe ich auch bei diesen Gelegenheiten niemals beobachtet. In Bezug auf die Wimpern an der Innenseite der Mundlappen bei den Muscheln hat somit die oben erwähnte Regel ihre volle Gültigkeit: die Wimpern können ihre Schlagrichtung nicht umkehren, sondern bewegen sich auch auf der Innenseite der Mundlappen wie auf den übrigen Theilen des Molluskenkörpers immer in ihrer bestimmten Richtung. Da aber die Angabe PURKINJE's und VALENTIN's auch von anderen geübten Beobachtern bestätigt worden ist und sich infolgedessen in der allgemein-physiologischen Literatur eingebürgert hat, so müssen natürlich solche Verhältnisse am gerieften Theil der Mundlappen obwalten, die leicht einen Beobachtungsfehler in dieser Richtung veranlassen können. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist es auch der erwähnte Umstand, dass die Leisten mit in verschiedenen Richtungen schlagenden Wimperzonen versehen sind, der eine Schlagumkehr der Wimpern vorgetäuscht und somit die erwähnten Verff. irre geführt hat. Wir nehmen also jetzt die Frage nach der Bewimperung und der Schlagrichtung der Wimpern am gerieften Theil der Mundlappen zu einer eingehenderen Untersuchung auf und wenden uns zuerst zu *Mytilus*.

Längs dem freien Rand jeder Leiste geht eine verhältnismässig breite Zone von dicht sitzenden Cilien. Diese, wie ich sie nennen will, Randzone nimmt zum grössten Theil den ganzen Leistenrand ein (Taf. I Fig. 5, *Rz*). Ihre Cilien befinden sich auf dem gleich vorher ausgeschnittenen Mundlappen in einer sehr lebhaften Bewegung und schlagen nach dem unteren Mundlappenrand (Taf. I Fig. 5, *uMs*, und Fig. P, die striirten Pfeile, *Ms*, Seite 35). Am unteren Ende der Leiste erweitert sich die Randzone und nimmt sowohl den Rand wie die Seiten ein (Taf. I Fig. 5). Hier ändert sich auch die Schlagrichtung ihrer Wimpern, indem sie mehr und mehr nach hinten schlagen (Fig. 5, die Pfeile).

Die Cilien dieser Zone befinden sich, wie erwähnt, in sehr lebhafter Bewegung auf dem frisch ausgeschnittenen Mundlappen. Man kann nämlich die Schläge der einzelnen Wimpern nicht verfolgen. Wenn der Mundlappen aber eine kürzere Zeit unter dem Mikroskop gelegen hat, werden die Bewegungen langsamer und hören binnen kurzem ganz auf. Dann liegen die Wimpern in der Richtung ihres effektiven Schlages still gegen die Oberfläche der Leiste gedrückt. Hierbei zeigt sich ein bemerkenswerthes Verhältniss. Es sieht nämlich ganz so aus, als ob die ganze Zone von Cilienbüscheln bekleidet wäre. Dies beruht aber darauf, dass diejenigen Cilien, die zu derselben Zelle hören, stark zusammengedrängt liegen und so von denjenigen der Nachbarzellen ein wenig getrennt werden. Es dürfte aber ziemlich

sicher sein, dass diese Wimpern bei *Mytilus* nicht mit einander verklebt sind, also keine eigentlichen Cilienbüschel bilden, sondern wirklich frei sind.

An der gegen die Spitze des Mundlappens gewendeten Seite der Leisten (Taf. I Fig. 5, *HS*) ist eine breite Zone von kürzeren aber dicht sitzenden Cilien vorhanden (*oSz*). Diese nenne ich die obere Seitenzone. Sie nimmt den oberen, ein wenig vorgewölbten Theil der Hinterseite von der Hintergrenze der Randzone bis an ein Stückchen oberhalb der Mitte nach innen ein. Im oberen an dem freien Leistenrand liegenden Theil dieser Zone schlagen die Wimpern nach vorn, also in der Richtung gegen den Mund, während die an der Seite weiter nach innen sitzenden Wimpern nach aussen (von der Zwischenleistenrinne gerechnet) d. i. nach dem Leistenrand hin und schräg nach dem ungerieften Theil des Mundlappens, also gegen die Mundlappenrinne schlagen (Fig. P, *Mlr*, und Taf. I, Fig. 5, *oSz*). Unterhalb dieser Zone in einer seichten rinnenförmigen Vertiefung längs der Mitte der Hinterseite finden wir eine andere Zone, die mittlere Seitenzone (Fig. 5, *mSz*), die ebenfalls aus kurzen dicht sitzenden Wimpern besteht. Hier schlagen aber die Cilien nach oben d. i. gegen den ungerieften Theil der inneren Mundlappen-
seite (Fig. P, die punktirten Pfeile, und Taf. I, Fig. 5, *mSz*).

An der Basis jeder Leiste unterhalb der mittleren Seitenzone haben wir eine vierte, von den schon erwähnten getrennte Zone, die untere Seitenzone (Taf. I, Fig. 5, *uSz*), welche verhältnismässig breit ist und den ganzen schwach ausgebuchteten Basaltheil der Leisten bis zum Boden der Zwischenleistenrinne einnimmt. Die Wimpern dieser Zone sind von etwa derselben Länge wie die der Randzone und bilden, wenn sie in Ruhe sind, auf dieselbe Weise kleine Cilienbüschel. Sie schlagen in der Richtung gegen die Basis der Leisten, also gegen den Boden der Zwischenleistenrinne.

Auf den vorderen, also den nach dem Munde gekehrten Seiten der Leisten (Taf. I, Fig. 5, *VS*) finden wir dieselben Zonen wie auf den hinteren Seiten. Zuerst haben wir also eine obere Seitenzone (Fig. 5, *oSz*), die hier von der vorderen Grenze der Randzone sich nach unten bis zum ausgebuchteten unteren Theil der Seite streckt. Die Wimpern dieser Zone sind von etwa derselben Grösse wie die der Randzone und bilden in der Ruhe auch solche Cilienbüschel. Sie schlagen aber gegen die Leistenbasis hin (Fig. 5, *oSz*). Bemerkenswerth ist auch, dass die Wimpern dieser Zone von sämtlichen Mundlappenwimpern an den ausgeschnittenen Mundlappen immer die ersten sind, welche ihre Wirksamkeit einstellen und schlaff nach innen über der Zwischenleistenrinne hängen.

An der Mitte dieser Seite ist eine ziemlich bedeutende Ausbuchtung vorhanden, die viel grösser und gewöhnlich mehr markirt ist als die an der Hinterseite. Die an der nach aussen d. i. in der Richtung gegen den freien Leistenrand gekehrten Fläche dieses Wulstes befindlichen Wimpern bilden die mittlere Seitenzone (Fig. 5, *mSz*). Ihre feinen und dicht sitzenden Cilien schlagen, wie die entsprechenden Cilien an der Hinterseite nach oben gegen den ungerieften Theil des Mundlappens.

Die untere Seitenzone an der Vorderseite (Fig. 5, *uSz*) ist mit ähnlichen langen Wimpern wie die entsprechende Zone an der Hinterseite versehen und ihre Cilien schlagen ebenfalls gegen den Boden der Zwischenleistenrinne.

Der Boden der von den Leisten gebildete Rinne ist mit feinen und verhältnismässig kurzen Cilien bekleidet, deren effektive Schläge nach unten in der Richtung gegen den unteren freien Rand des Mundlappens gehen (Fig. 5, *R*, und Fig. P, die striirt-punktirten Pfeile).

Diese jetzt beschriebenen Zonen strecken sich beinahe längs der ganzen Länge der Leisten, nur an den unteren Enden und an den oberen Theilen der Leisten, wo diese in die ungerieften Mundlappenhälfte fortsetzen, ändern sich die Bewimperungsverhältnisse etwas. An den unteren Enden hört auf der Vorderseite die mittlere und an der Hinterseite auch die oberen Seitenzonen auf, bevor sie das Ende der Leiste erreicht haben (Fig. 5). Die übrigen Zonen setzen sich fort und die Grenzen zwischen ihnen verschwinden. Somit sind also die unteren Enden der Leisten mit einer gleichförmigen Bewimperung bekleidet, deren Cilien alle nach aussen und schräg nach hinten in der Richtung gegen die Spitze zu schlagen (Fig. 5, die Pfeile geben die Schlagrichtung dieser Wimpern an). Am oberen Theil der gerieften Mundlappenhälfte in der Mundlappenrinne (Fig. P, *Mr*, Seite 35) verschwindet zuerst die Randzone, während die oberen Seitenzonen über die Leistenränder zusammenlaufen und somit die Bewimperung der einen Rinnenwand bilden. Ihre Wimpern schlagen nach vorn. Ferner ist die Innenseite des Saumes, die die andere Wand dieser Rinne bildet, auch mit nach vorn schlagenden Wimpern bekleidet.

Wie erwähnt setzen sich die Zwischenleistenrinnen als Röhren in das Innere der ungerieften Mundlappenhälfte fort. Diese Röhren sind mit ähnlichen Wimpern wie die Leisten bekleidet, indem sich die Seitenzonen und die Bewimperung an den Boden der Zwischenleistenrinnen hinein fortsetzen.

Aus der jetzt gegebenen Darstellung der Bewimperung des gerieften Theiles der Mundlappen bei *Mytilus* sehen wir, dass sehr komplizierte Verhältnisse obwalten, und ähnliche finden wir auch bei den anderen Muscheln. Hinsichtlich der Entwicklung der Wimpergebilde an den verschiedenen Zonen differiren aber die verschiedenen Gattungen ein wenig von einander.

Bei den *Najaden* ist die Randzone mit ziemlich dicht sitzenden, aber nicht besonders kräftigen Cirren bekleidet, welche wie bei *Mytilus* nach unten schlagen (Taf. I, Fig. 6, *Rz*, und Fig. R, die striirten Pfeile, Seite 37). Diese Zone ist ferner bei den *Najaden* verhältnismässig schmal und nimmt bei weitem nicht die ganze Breite des Leistenrandes ein. Die beiden oberen Seitenzonen gehen dagegen hier höher auf den freien Leistenrand hinauf. Auf der hinteren an ihrem oberen Theil etwas gewölbten Seite der Leisten streckt sich die obere Seitenzone bis über die Mitte nach innen gegen die Leistenbasis (Fig. 6, *Hs*, *oSz*) und besteht aus feinen, aber langen Cilien, die nach aussen gegen den Leistenrand und an diesem nach vorn schlagen. Unterhalb dieser Zone liegt in einer rinnenförmigen Vertiefung die mitt-

lere Seitenzone, deren kurze und feine Cilien nach oben in der Richtung gegen die Mundrinne schlagen (Fig. 6, *mSz*, und Fig. R, die punktierten Pfeile). Die untere Seitenzone, die auf einer wulstförmigen Ausbuchtung gelegen und verhältnismässig schmal ist, ist hier von einigen Reihen kräftigen Cirren gebildet, die gegen den Boden der Zwischenleistenrinne schlagen (Fig. 6, *uSz*).

Auf der vorderen Leisten­seite (Fig. 6, *Vs*) haben wir eine breite obere Seitenzone, deren feine und lange Cilien sich in der Richtung nach der Zwischenrinne bewegen. Die am Leistenrand selbst sitzenden Cilien schlagen natürlich wie gewöhnlich nach vorn (Fig. 6, *Vs*, *oSz*). Auch bei den *Najaden* hören die Bewegungen der Wimpern dieser Zone auf dem ausgeschnittenen Mundlappen am frühesten auf. Die mittlere Seitenzone ist sehr schmal und liegt in einer Rinne. Ihre feinen Cilien bewegen sich in der Richtung nach der Mundrinne und schräg nach innen der Zwischenleistenrinne zu (Fig. 6, *mSz*). Die feinen Wimpern der unteren Zone dieser Seite schlagen nach dem Boden der Zwischenleistenrinne und die hier befindlichen feinen und verhältnismässig kurzen Cilien nach dem freien Mundlappenrand hin (Fig. 6, *R*, und Fig. R, die strüert-punktierten Pfeile).

In Bezug auf die Entwicklung der Leistenbewimperung zeigt auch *Mya* einige Abweichungen, die wir kürzlich erwähnen müssen.

Die obere Randzone (Taf. I, Fig. 7, *Rz*) ist hier wie bei *Mytilus* breit und nimmt beinahe den ganzen Leistenrand ein, nur an jeder Seite einen schmalen Streifen frei lassend, die den beiden oberen Seitenzonen zuhören. Die Bewimperung der Randzone ist auch sehr kräftig und besteht aus dicken Cirren, die wie bei den vorher erwähnten Muscheln nach unten gegen den freien Mundlappenrand lebhaft schlagen (Fig. 7, *Rz*). Auf dem ausgeschnittenen Mundlappen lösen sie sich verhältnismässig bald in ihre cilienähnlichen Konstituenten auf. Die obere Seitenzone besteht bei dieser Muschel auch aus kräftigen und langen Cirren, die jedoch nicht ganz so dick sind wie die der Randzone (Fig. 7, *Hs*, *oSz*). Wie gewöhnlich schlagen sie nach vorn und nach oben gegen den Leistenrand. Innerhalb dieser Zone haben wir die bei *Mya* verhältnismässig breite mittlere Seitenzone, die mit feinen, aber ziemlich langen nach oben, d. i. in der Richtung nach dem hinteren Mundsaum (Fig. Q, *hMs*, Seite 36) schlagenden Cilien bekleidet ist. Die Wimpergebilde der unteren Seitenzone (Fig. 7, *Hs*, *uSz*) sind hier wie bei den *Najaden* Cirren, die in einer Reihe sitzen und bezüglich ihrer Grösse mit denjenigen der Randzone ziemlich nahe übereinstimmen. Ihre effektiven Schläge gehen wie gewöhnlich nach innen der Zwischenleistenrinne zu.

Auf der Vorderseite der Leisten (Fig. 7, *Vs*) ist die obere Seitenzone verhältnismässig schmal, indem sie sich nicht weit auf der Seite nach innen streckt (*oSz*). Lange, aber ziemlich dünne Cirren, die nach vorn und innen schlagen, bilden ihre Bewimperung. Ein Stückchen unterhalb des Leistenrandes geht diese Zone ohne eine bestimmte Grenze in die mittlere Seitenzone über (*mSz*). Diese liegt auch hier in einer schwachen rinnenförmigen Einbuchtung und besteht aus einem in ihrem äusseren Theil dünnen, nach innen dichteren Cirrenbesatz (Fig. 7, *mSz*). Die Cirren,

die von etwa derselben Dicke und Länge wie die der oberen Seitenzone sind, schlagen am äusseren Theil dieser Zone nach oben gegen den hinteren Mundlappensaum, am inneren Theil, am inneren Rande der rinnenförmigen Vertiefung, aber nach aussen gegen den Leistenrand (Fig. 7, *mSz*, die Pfeile). Die untere Zone der Vorderseite ist bei *Mya* sehr breit (Fig. 7, *uSz*), mit feinen und verhältnismässig kurzen Cilien bekleidet, die nach unten in der Richtung nach dem unteren Mundlappensaum schlagen. Ohne Grenze geht die Bewimperung dieser Zone in die des Bodens der zwischen den Leisten befindlichen Rinne über (Fig. 7, *R*). Die Bodenwimpern, die etwas länger als die letzterwähnten sind, schlagen wie bei den übrigen Muscheln nach unten.

Wir haben also jetzt die Bewimperung und die Schlagrichtung der Wimpern am gerieften Theil der Mundlappen bei den verschiedenen Muscheln eingehend untersucht und gefunden, dass an den Leisten getrennte Wimperzonen vorhanden sind, die sowohl bezüglich der Entwicklung als der Schlagrichtung ihrer Wimpergebilde verschieden sind. Bei *Mytilus* sind die Leisten nur mit Cilien bekleidet, die jedoch auf der Randzone, der unteren Seitenzone der hinteren Leistenseite, auf den oberen und unteren Seitenzonen der vorderen Leistenseite eine gewisse Tendenz zur Bildung von Cilienbüscheln zeigen. Bei den *Najaden* und bei *Mya* sind in einigen Zonen wirkliche Cirren vorhanden, nämlich in den Rand- und unteren Seitenzonen auf den Hinterseiten der Leisten. Bei *Mya* sind ausserdem die obere Seitenzone auf der hinteren Leistenseite, die obere und mittlere Seitenzone auf den Vorderseiten der Leisten von Cirren zusammengesetzt. In den entsprechenden Wimperzonen bei den verschiedenen Muscheln schlagen die Wimpern im grossen und ganzen in derselben Richtung. Die Randzone und der Boden der Zwischenleistenrinne wimpern immer nach unten gegen den unteren Mundlappenrand. Nur bei *Mya* schlagen die Wimpern der unteren Seitenzone auf der vorderen Leistenseite ebenfalls in dieser Richtung. Die mittleren Seitenzonen wimpern immer nach oben gegen die Mundlappenrinne (*Mytilus*), die Mundrinne (*Najaden*) oder gegen den hinteren Mundlappensaum (*Mya*). Die Wimpern der oberen Seitenzone an den Hinterseiten der Leisten schlagen am Leistenrand nach vorn und an den übrigen Theilen nach aussen (von der Zwischenleistenrinne gerechnet). In den oberen vorderen Seitenzonen gehen die Bewegungen der Wimpern nach vorn und ferner nach innen gegen die Zwischenleistenrinnen.

Wenn wir also die hier oben geschilderten in verschiedenen Richtungen fortgehenden Wimperströmungen berücksichtigen, so leuchtet es ohne weiteres ein, dass am gerieften Theil der Mundlappen ziemlich komplizierte Körnchenströmungen obwalten müssen. Bei Zusatz von feinvertheilten Karmin können wir sie ohne

Schwierigkeit auf ausgeschnittenen Mundlappen unter dem Mikroskop verfolgen. Da aber die ausgeschnittenen Mundlappen sich gewöhnlich ziemlich stark kontrahieren, ist es nöthig, wenn wir die Wirksamkeit der an den Seiten der Leisten befindlichen Wimperzonen auch sehen wollen, die Mundlappen auf dem Objektträger in ausgedehntem Zustand zu halten, so dass die Leisten nicht zusammengedrückt liegen, sondern die zwischen ihnen befindlichen Rinnen offen lassen. Zu diesem Zwecke schmelzen wir auf das Objektglas zwei dünne Wachsplatten in genügender Entfernung von einander fest, strecken zwischen sie den ausgeschnittenen Mundlappen aus und befestigen mittels feiner Nadel seine beiden Enden an die Wachsplatten. Haben wir einen auf diese Weise behandelten Mundlappen von z. B. einer *Najade* unter das Mikroskop gebracht, so sehen wir, wie an seiner Oberfläche eine lebhaftere Körnchenströmung stattfindet. Die Leisten sind, obgleich der Mundlappen ausgestreckt ist, gewöhnlich ein wenig nach vorn hinübergeschlagen. Ein grosser Theil ihrer hinteren Seite wird infolgedessen entblösst und nach aussen (bezw. nach oben) gewendet. Die grösseren Körnchen, die nicht zwischen die Leisten hineinkommen können, werden infolge der Schlagrichtung der Wimpern auf den oberen hinteren Seitenzonen (Taf. I, Fig. 6, *HS*, *oSz*) nach vorn transportirt. Aber jedesmal, wo sie über die Leistenränder passieren, werden sie gleichzeitig von den Schlägen der Randzonenwimpern (*Rz*) getroffen und ein Stückchen in der Richtung nach dem unteren Mundlappensaum getrieben. Da aber diese Randzonen hier verhältnismässig schmal sind, so wird die Transportrichtung der Wimpern der oberen Seitenzonen vorherrschend und infolgedessen diese Körnchen auch nach vorn und zwar ein wenig schräg nach aussen fortgeführt. Sie gelangen aber meistens zu dem vorderen ungerieften Theil der Mundlappen, wo der Wimperstrom in der Richtung gegen die Mundrinne geht. Eine Menge der kleineren Körnchen kommen infolge der Schlagwirksamkeit der Wimpern auf den oberen Seitenzonen der vorderen Leistenseiten zwischen die Leisten zu den mittleren Seitenzonen hinein (*mSz*) und werden hier nach oben zu der Mundrinne transportirt, wo sie nach vorn weiter fortgeführt werden. Sind die Leisten so weit auseinander gezogen, dass die Zwischenleistenrinnen ganz offen stehen, so werden von den Wimpern auf den oberen vorderen Seitenzonen und auf den unteren Seitenzonen auch eine Menge kleiner Körnchen bis zum Boden dieser Rinnen (*R*) hinuntergetrieben, wo sie nach dem unteren Mundlappensaum transportirt werden. Sehr oft geschieht es aber wahrscheinlich infolge kleiner Kontraktionen in den Leisten bei dieser Gelegenheit, wenn der Mundlappen in einem solchen unnatürlichen ausgedehnten Zustand gehalten wird, dass die Körnchen aus einem Wimperstrom in einen anderen hinüberkommen und somit hin und her am gerieften Theil des Mundlappens transportirt werden, um zuletzt von einer bestimmten Zone gegriffen und nach dem unteren Randsaum oder nach der Mundrinne fortgeführt zu werden.

Bei den anderen Muscheln werden die Körnchen auf ähnliche Weise auf dem gerieften Theil der ausgeschnittenen Mundlappen fortgeführt. Da aber die Wimper-

zonen etwas verschieden entwickelt sind, liegen jedoch in einigen Hinsichten Verschiedenheiten bezüglich des Körnchentransportes vor, die wir hier erwähnen müssen.

Auf den ausgeschnittenen und ausgedehnten Mundlappen von *Mytilus* werden die grösseren Körnchen nach dem unteren Mundlappensaum und schräg nach vorn getrieben. Bei dieser Muschel sind, wie erwähnt, die Randzonen der Leisten verhältnismässig breit (Taf. I, Fig. 5, *Rz*) und daher wird auch die von ihren Wimpern bestimmte Transportrichtung hier vorherrschend und die Körnchen also hauptsächlich zum unteren Randsaum getrieben. Die mittleren Seitenzonen treiben die an sie angekommenen Körnchen nach der Mundlappenrinne (Fig. P, *Mr*, Seite 35), in welcher sie nach der Mundrinne weiter getrieben werden.

Bei *Mya* sind, wie erinnerlich, die Randzonen der Leisten auch breit und mit kräftigen Cirren versehen (Taf. I, Fig. 7, *Rz*), aber trotzdem werden die Körnchen an den auf dem Objektträger ausgespannten Mundlappen wie bei den *Najaden* hauptsächlich nach vorn und ein wenig schräg nach unten transportirt. Zum grössten Theil gelangen sie auch zum vorderen ungerieften Basaltheil des Mundlappens, wo der Wimperstrom sie direkt zur Mundrinne treibt. Dies hängt offenbar davon ab, dass die beiden oberen Seitenzonen auch mit kräftigen und langen Cirren bekleidet sind (Taf. I, Fig. 7, *oSz*), die in der Richtung nach vorn schlagen. Ausserdem sind auch bei *Mya* die Leisten nach vorn hinübergeschlagen, so dass die oberen Seitenzonen an den Hinterseiten der Leisten zum grössten Theil entblösst sind und somit beinahe mit ihrem ganzen Cirrenbesatz zum nach vorn gehenden Transport beitragen können. An den übrigen Zonen werden die Körnchen wie bei den vorher erwähnten Muscheln fortgeführt. Die mittleren Seitenzonen aber münden bei *Mya* nicht in eine Mundlappenrinne ein. Es ist ja bei dieser Muschel keine solche Rinne am hinteren Mundsäum vorhanden. Zwar werden die kleinen Körnchen längs den mittleren Seitenzonen nach oben transportirt, kommen aber hier wieder auf die Fläche hinaus, wo sie von den Wimpern der oberen Seitenzonen und der Randzonen nach vorn und schräg nach unten getrieben werden, um bald wieder zwischen die Leisten zu einer mittleren Seitenzone hineinzukommen und nach oben zurückgetrieben zu werden. Dasselbe Spiel wiederholt sich immerfort und auf diese Weise gelangen auch die kleinen Körnchen nach einigem Herumirren gewöhnlich zuletzt zum vorderen basalen Theil des Mundlappens und werden von dem dortigen Wimperstrom in die Mundrinne fortgeführt.

Aus diesen Versuchen an ausgeschnittenen Mundlappen geht somit hervor, dass bei sämtlichen Muscheln an den gerieften Theil der Mundlappen verschiedene Strömungssysteme vorhanden sind. Die Randzonen und die Bodenwimpern der Zwischenleistenrinnen treiben die Körnchen nach dem unteren Randsaum und hören somit dem Stromgebiet der dort nach der Mundlappenspitze fliessenden Hauptströmung zu. Die unteren Seitenzonen treiben die zu ihnen gelangten Fremdkörperchen nach dem Boden der Zwischenleistenrinnen. Da die Randströmung, wie schon von früheren Verff. hervorgehoben

wurde und im folgenden näher erläutert werden wird, vom Mund weggeführt, so bilden die erwähnten Zonen der inneren Mundlappenseite ein ausführendes Stromgebiet. Die Wimpern der oberen vorderen Seitenzonen treiben die Körnchen zwischen die Leisten hinein. Die mittleren Seitenzonen transportieren die zu ihnen angelangten Fremdkörper entweder direkt nach der Mundrinne (*Najaden*) oder nach der Mundlappenrinne (*Mytilus*) oder tragen dazu bei, dass die Fremdkörper nach einigem Herumirren in die Mundrinne hineinkommen (*Mya*). Die oberen hinteren Seitenzonen und theilweise auch die oberen vorderen Seitenzonen treiben die Körnchen in der Richtung gegen den Mund. Sämmtliche diese letzt erwähnten Zonen stellen somit ein zuführendes Stromgebiet dar. Die Frage erhebt sich aber jetzt, wie wirken diese verschiedenen Wimperzonen bei der normalen Muschel?

Wie schon von den früheren Verff. beobachtet wurde, werden bei den Muscheln im allgemeinen die Mundlappen an jeder Seite so gehalten, dass sie die beiden Kiemenblätter oder, wenn das äussere kürzer ist, nur das innere Kiemenblatt umfassen. Bei den *Najaden* legen die Mundlappen sich dem vorderen unteren Theil des inneren Kiemenblattes beiderseits an, strecken sich aber unterhalb seines unteren Randes. Hier drücken sie ihre unteren Ränder gegeneinander. Das von den zuführenden Hauptströmungen mitgebrachte Material kann somit den Mund nicht erreichen, ohne zwischen die beiden Mundlappen zu passieren. Bei *Mytilus* liegen die Mundlappen auf ähnliche Weise, umfassen aber die beiden Kiemenblätter. Hier erreichen die unteren Ränder der Kiemenblätter den Saum zwischen der ungerieften und gerieften Hälfte der Innenseite der Mundlappen. Die geriefte Hälfte der Mundlappen streckt sich also unterhalb des Unterrandes der Kiemenblätter. Wie die Mundlappen sich bei der ruhigen *Mya* verhalten, ist natürlich unmöglich direkt zu beobachten. Wahrscheinlich dürften sie aber dieselbe Stellung wie bei *Mytilus* einnehmen.

Die Mundlappen sind immer mehr oder weniger beweglich. Bei *Mytilus* und *Mya*, wo sie zum grössten Theil frei sind, sind sie sehr beweglich, bei den *Najaden*, wo sie beinahe längs ihrer ganzen Basis mit einander verwachsen sind, ist natürlich ihre Beweglichkeit mehr beschränkt. Bei sämmtlichen Muscheln können sie jedoch aus ihrer Ruhelage nach aussen bzw. nach innen gezogen werden. Die Mundlappen bei *Mytilus* und *Mya* entfernen sich hierbei oft weit von den Kiemenblättern, rollen sich oft mehr oder weniger zusammen u. s. w. Bei den *Najaden* biegen sich die unteren Ränder, die, wie erwähnt, gewöhnlich gegeneinander gedrückt sind, aus einander, die Spitzen der beiden Mundlappen krümmen sich hierbei nach aussen bzw. nach innen um. Die zwischen den Mundlappen befindliche Mundrinne wird infolgedessen geöffnet.

Ausser dieser Bewegungen der Mundlappen im ganzen genommen treten auch andere mehr partielle Bewegungen auf, die für die Beurtheilung der vorliegenden Frage auch wichtig sind. Wenn man einen frisch ausgeschnittenen Mundlappen

von z. B. *Mytilus* unter dem Mikroskop bei mittelstarker Vergrößerung beobachtet, so sieht man, wenn der Mundlappen sich nicht zu stark kontrahirt hat, dass die Leisten, wie schon SABATIER erwähnt, nach vorn hinübergebogen sind, so dass eine hintere Leiste mit ihrem freien Rand die Hinterseite einer vorderen bedeckt. SABATIER¹⁾ wollte in dieser dachziegelförmigen Lage der Leisten auch eine beitragende Ursache dazu erblicken, dass die zum gerieften Theil gelangten Körperchen nicht in der Richtung vom Mund weg, sondern nur nach demselben hin fortgeführt werden könnten. Die Leisten werden aber nicht unbeweglich in dieser Stellung gehalten. Plötzlich richten sich einige oder mehrere Leisten mehr gerade auf, indem eine wellenförmige Kontraktion ihrem ganzen Rand entlang läuft. Die Zwischenleistenrinnen öffnen sich hierbei. So können also die Leisten verschiedene Stellungen bei den ausgeschnittenen Mundlappen durch Kontraktionen in ihrem Inneren einnehmen. Wie LIST²⁾ u. a. gezeigt haben, ist in den Mundlappen die Muskulatur gut entwickelt. Es giebt theils Längsmuskelzüge, theils feine Ringmuskelfasern und verhältnismässig starke Muskelfasern, die das Organ quer durchziehen. Auch in den Leisten sind in verschiedenen Richtungen gehende Muskelzüge vorhanden: feine Ringmuskelfasern, kräftige Fasern, die von einer Leistenseite zur anderen verlaufen. Ferner zieht ein stark entwickeltes Transversalmuskelfasersystem von dem Leistenepithel nach der Aussenseite des Mundlappens. Infolge Kontraktionen in diesen verschiedenen Muskelfasersystemen können offenbar die Leisten auch sowohl ihre Form als ihre gegenseitige Stellung ändern.

Wenn wir die oben gegebene Darstellung der an den Leisten vorhandenen verschiedenen Wimperströmungen berücksichtigen, so ist es ohne weiteres klar, dass durch Lageveränderung der Leisten verschiedene Wimperzonen zur Wirksamkeit gebracht werden können und infolgedessen die Mundlappen die zu ihnen gelangten Fremdkörperchen auch in verschiedenen Richtungen treiben können. Wir wollen im folgenden näher zusehen, wie durch verschiedene Stellungen der Leisten die Wirksamkeit der Mundlappen modifiziert werden kann.

Bei der ruhig liegenden Muschel nehmen, wie erwähnt, die Leisten an der gerieften Seite gewöhnlich eine nach vorn hinübergebogene Stellung ein. Die untenstehende Fig. T, welche einen Querschnitt von zwei Leisten ein Stückchen oberhalb des unteren Mundlappenrandes bei *Mytilus* darstellt, zeigt ungefähr diese Stellung. Die Leisten lassen eine enge Spalte zwischen sich frei, die zu den Zwischenleistenrinnen hineinführt. Die oberen Randzonen (*Rz*) sind infolge der nach vorn hinübergebogenen Stellung der Leisten ein wenig vorwärts gerichtet und der grösste Theil der oberen hinteren Seitenzonen (*oSz₁*) ist entblösst. In dieser Stellung der Leisten ist also die Schlagrichtung der Wimpern in den Rand- und oberen hinteren Seitenzonen für die Transportrichtung der Fremdkörperchen bestimmend. Ob die an die geriefte Seite der Mundlappen angekommenen Fremdkörper nach der ausführenden Rückströmung am unteren Mundlappensaum oder nach vorn zur

¹⁾ l. c. p. 7.

²⁾ l. c.

Mundrinne fortgeführt werden sollen, hängt von dem gegenseitigen Verhältnis zwischen den Wimpern dieser Zonen ab, nämlich ob die der Rand- oder die der Seiten-

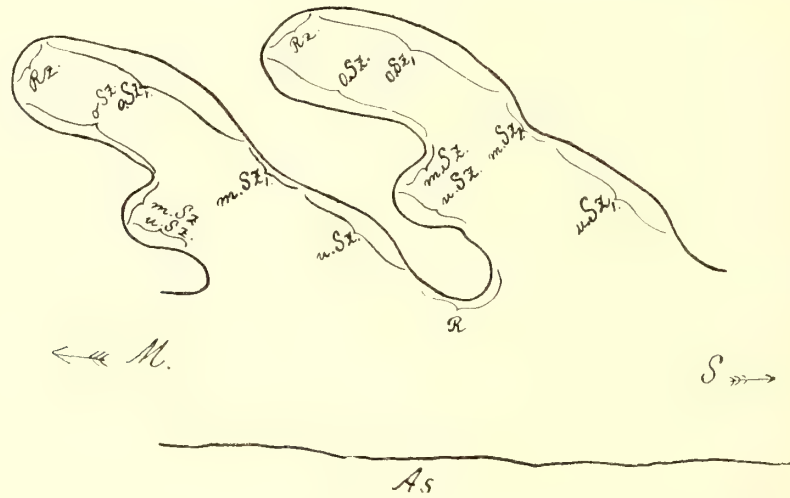


Fig. T. *Mytilus*: Querschnitt durch den Mundlappen ein Stückchen oberhalb des unteren Randes, die Form und Stellung der Leisten zeigend. *Rz* = die Randzone, *oSz*₁, *mSz*₁ und *uSz*₁ = die obere, mittlere und untere Seitenzone der hinteren Leistenseite, *oSz*, *mSz* und *uSz* = die entsprechenden Zonen der vorderen Leistenseite, *R* = der Boden der Zwischenleistenrinne. *M* und *S* = der nach dem Munde und der nach der Mundlappenspitze gewendete Theil des Mundlappens. *As* = die Aussenseite des Mundlappens. Lerrz, Okul. 0, Objekt. 5, eingeschob. Tubus.

zonen die kräftigste Schlagwirksamkeit entfalten. Bei *Mytilus* bewirkt die geriefte Hälfte der Mundlappen, wie bei der Darstellung der Körnchenströmungen auf aus-

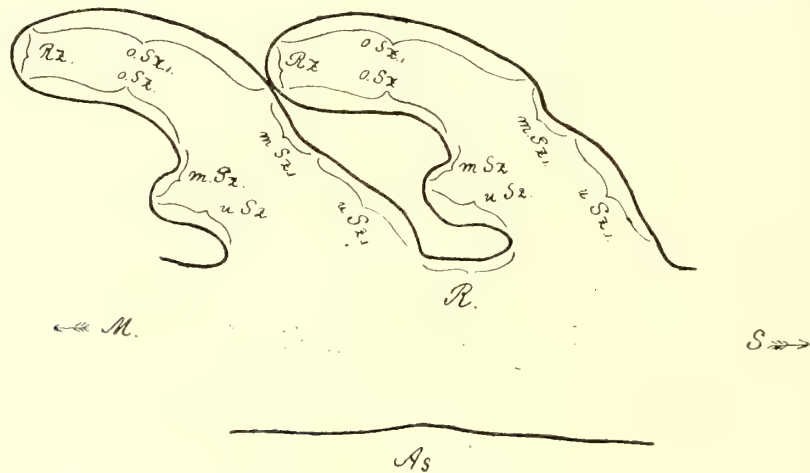


Fig. U. *Mytilus*: Die Leisten mehr nach vorn hinübergebogen. Bezeich. und Vergröss. = Fig. T.

geschnittenen Mundlappen schon hervorgehoben wurde, mit dieser Stellung der Leisten einen Körnchentransport hauptsächlich nach unten gegen den Randsaum

hin. Die Mundlappen sind somit zum grössten Theil vom Mund wegführend. Bei den *Najaden* und bei *Mya* dagegen findet mit dieser Stellung der Leisten aus Gründen, die schon erwähnt wurden, hauptsächlich eine Fortführung nach vorn, dem Munde zu. Hier sind also bei dieser Gelegenheit die Mundlappen im grossen und ganzen zuführend. Bei sämtlichen Muscheln kommen aber die feinsten Theilchen in die Zwischenleistenrinnen hinein, werden von den Wimpern der mittleren Seitenzonen (*mSz*) oder von den an den Rinnenboden (*R*) gegriffen und in ihrer Schlagrichtung transportirt. Bei sämtlichen Muscheln können somit in diesem Kontraktionszustand der Mundlappen die feinsten Theilchen sowohl zum Mund hin als von ihm weg getrieben werden.

Wenn aber die Leisten sich ein wenig mehr kontrahiren und ihre freien Ränder nach innen so weit biegen, dass eine hintere Leiste sich an eine andere anlegt, wie in Fig. U veranschaulicht ist, dann werden die Zwischenleistenrinnen verschlossen. Die Innenfläche der gerieften Mundlappenseite wird

jetzt so gut wie allein von den oberen hinteren Seitenzonen (*o. Sz₁*) gebildet. Die Wimpern der Randzonen (*Rz*) können nicht mehr oder nur wenig in dem Körnchentransport theilnehmen. Es sind also die Wimpern der oberen hinteren Seitenzonen (*oSz₁*), die das Fortführen der Fremdkörperchen jetzt bewirken. Diese schlagen, wie erwähnt, nach vorn und somit werden die zu der gerieften Mundlappenseite angekommenen Theilchen dem Mund zugeführt und die Mundlappen funk-

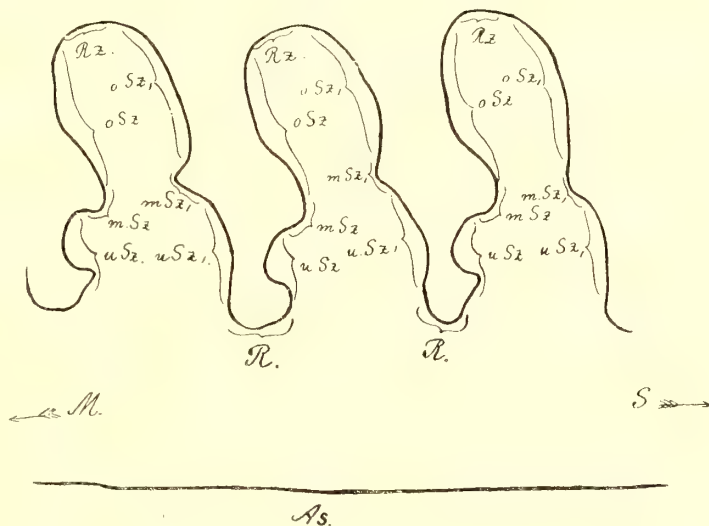


Fig. V. *Mytilus*: = Fig. T. Die Leisten aber aufgerichtet.

tioniren jetzt als zuleitende Organe.

Wie wir schon an den ausgeschnittenen Mundlappen gefunden haben, können die Leisten auch aufgerichtet sein. Es wird dies offenbar durch Kontraktion des Transversalmuskelsystemes bewirkt. Die Figur V zeigt diese Stellung der Leisten. Bei dieser Gelegenheit können die Randzonenwimpern (*Rz*) ihre volle Wirksamkeit entfalten, während die Wimpern der oberen hinteren Seitenzonen (*o. Sz₁*) so ziemlich aus dem Spiel gesetzt sind. Die grösseren Fremdkörperchen werden daher hauptsächlich nach dem unteren Randsaum getrieben. Die Zwischenleistenrinnen sind aber ganz geöffnet und infolgedessen wird auch eine Menge der kleineren

Theilchen von den Wimpern der vorderen oberen Seitenzonen (*o.Sz*) in die Rinnen hineingetrieben. Hier gelangen sie entweder zu den mittleren Seitenzonen (*m.Sz*) oder werden von den Wimpern der unteren Seitenzonen (*u.Sz*) gegriffen und bis

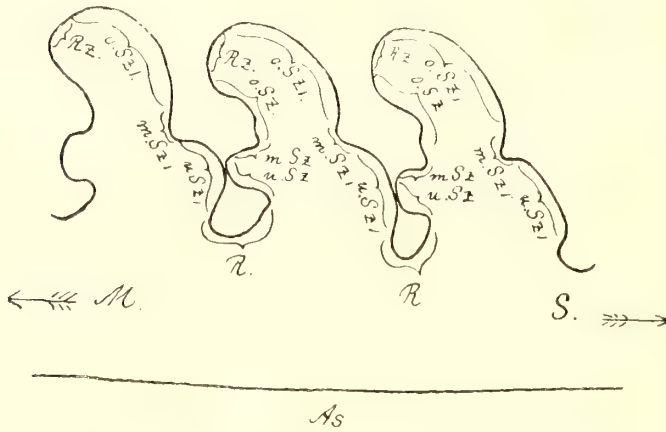


Fig. W. *Mytilus*: = Fig. V. Die Leisten sind aber infolge Kontraktionen in den Längsmuskelfasern des Mundlappens einander mehr genähert.

mehr genähert und können etwa die Stellung wie in Fig. W einnehmen. Die Leistenränder sind oft in dieser Stellung ein wenig nach vorn hinübergebogen und

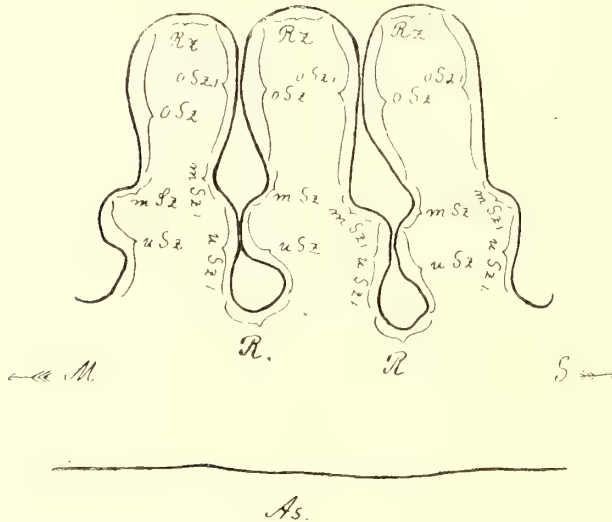


Fig. X. *Mytilus*. = Fig. V. Der Mundlappen hat sich aber noch mehr seiner Länge nach kontrahiert, so dass die Leisten dicht an einander stehen.

Rinnen hineindringen können. Die von den Wimpern der oberen vorderen Seitenzonen (*o.Sz*) in die Zwischenleistenrinnen hineingetriebenen Körnchen werden infolgedessen von den mittleren Seitenzonen (*m.Sz*) aufgefangen und weiter fort-

zum Rinnenboden (*R*) getrieben. Bei dieser Stellung der Leisten können also die Mundlappen sowohl Fremdkörper vom Mund weg als zu demselben treiben.

Wenn gleichzeitig mit der Kontraktion die Transversalmuskelfasern der Leisten, wodurch diese aufgerichtet werden, die Längsmuskelfasern des Mundlappens sich kontrahieren, werden die Leisten einander

infolgedessen wird der Effekt der Schlagwirksamkeit der Randzonenwimpern (*Rz*) von mehr untergeordneter Bedeutung. Die Wimpern der oberen hinteren Seitenzonen (*o.Sz*) dagegen können unbehindert wirken und bestimmen somit hauptsächlich die Richtung des Fremdkörpertransportes an der geriefen Mundlappenoberfläche. Die Zwischenleistenrinnen stehen zwar offen, sind aber durch die jetzt an jeder Seite der Leisten stark hervortretenden Ausbuchtungen nach innen abgesperrt, so dass keine Körperchen bis zum Boden der

geführt. Mit dieser Stellung der Leisten wirken somit die Mundlappen hauptsächlich als Zuleitungsorgane.

Die Mundlappen können sich aber noch mehr ihrer Länge nach kontrahiren, so dass die aufgerichteten Leisten dicht an einander zu stehen kommen (Fig. X). Dann sind die Zwischenleistenrinnen ganz zugeschlossen. Wenn die Leisten eine solche Stellung einnehmen, wirken offenbar so gut wie allein die Randzonenwimpern und die zu den gerieften Mundlappenseite angelangten Fremdkörper werden infolgedessen nach den unteren Randsaum transportirt. In diesem Kontraktionszustand wirken also die Mundlappen als vom Mund wegtreibende Organe.

Aus dem jetzt gesagten geht also ohne weiteres hervor, dass die Mundlappen bei derselben Muschel sowohl als vom Mund wegtreibende als zuleitende Organe funktionieren können. Ob sie in der einen oder anderen Richtung wirken sollen, hängt theils von der Entwicklung der Wimpern in den verschiedenen Leistenzonen und theils von dem Kontraktionszustand der Mundlappen und der hierbei hervorgerufenen verschiedenen Stellung der Leisten ab. Wenn diese, wie in Figg. U und W stehen, werden die Fremdkörper an der gerieften Mundlappenseite dem Mund zugeführt, wenn sie aber die Stellung wie in Fig. X einnehmen, bewirken die Mundlappen einen Transport vom Mund weg. Mit der Stellung der Leisten wie in Fig. V werden die grösseren Körper hauptsächlich vom Mund weggetrieben, während die kleineren entweder zum Mund oder von ihm transportirt werden können. Wie die Mundlappen mit der Stellung der Leisten, wie in Fig. T wiedergegeben ist, hinsichtlich der Transportrichtung der grösseren Fremdkörper wirken sollen, beruht auf dem gegenseitigen Verhältnis zwischen den Rand- und oberen hinteren Seitenzonen und kann somit bei den verschiedenen Muscheln verschieden sein. Wir finden also, dass infolge des Verbandenseins der in verschiedenen Richtungen schlagenden Wimperzonen an den beweglichen Leisten es den Muscheln möglich ist, die Wirksamkeit der Mundlappen in verschiedenen Richtungen zu modifizieren und aus diesem erklären sich auch unschwer die von verschiedenen Verff. gemachten einander widersprechenden Beobachtungen hinsichtlich der Wirksamkeit dieser Organe.

Die Aufnahme der Nahrung durch die Mundöffnung.

Bezüglich der Frage wie die Nahrungstheilchen durch die Mundöffnung aufgenommen werden, liegen in der Literatur verschiedene Angaben vor. Zwar haben wir schon theilweise diese Frage bei der Darstellung der verschiedenen Auf-

fassungen hinsichtlich der Bedeutung der Mundlappen berührt, hier möchten wir aber sie etwas näher behandeln.

Die meisten Verff. nehmen an, dass die Nahrungstheilchen, zu den Vorderenden der Kiemenblätter angelangt, von zwischen die Mundlappen fließenden strudelnden Wasserströmen dem Mund zugeführt und durch die offenstehende Mundöffnung aufgenommen werden. In BRONN'S Klass. und Ordng. ¹⁾ wird diesbezüglich hervorgehoben: »Die Mandukation ist — — — eine passive, dem Willen des Thieres entzogen. Es nimmt was die Flimmerströmungen zu seinem Mund bringen — — —. Sonst betheilt sich das Thier hierbei nur insofern, als es seinen Mantel öffnet und schliesst.« Ferner wird erwähnt ²⁾, dass nicht alle diese Strömchen mit ihrem Nahrungsgehalt unausgesetzt in den Mund hinein und durch den Nahrungskanal hindurchströmen können. Der Mund eignet sich auf eine noch nicht erkannte Weise die festen Theilchen daraus vorzugsweise an.

Gegen diese von einer Menge Verff. gehegte Auffassung, dass der Mund alle die zu ihm geführten Theilchen passiv aufnimmt, heben M'ALPINE und STENTA hervor, dass die Nahrungsaufnahme nur intermittirend stattfindet. STENTA bemerkt ferner, dass die Mundöffnung von Muskeln umgeben ist, welche einen Verschluss desselben bewirken können, und dass es bei den *Lamellibranchiaten* auch Ruhepausen der Nahrungsaufnahme giebt.

Bei den von mir untersuchten Muscheln habe ich immer gefunden, dass der Mund in der Regel zugeschlossen ist. Das Thier nimmt nämlich, wie M'ALPINE und STENTA bemerken, nicht unaufhörlich die zum Mund angelangten Fremdkörperchen auf. Nur bei denjenigen Gelegenheiten, wo das Thier Nahrung aufnehmen will, öffnet es für eine Weile den Mund. Die Nahrungsaufnahme ist also bei den Muscheln immer ein aktiver vom Willen des Thieres normierter Vorgang.

Dass die Fremdkörperchen nicht, wie sich die meisten Verff. vorstellen, durch wirbelnde Wasserströmungen durch den geöffneten Mund in den Oesophagus hineingetrieben werden, geht schon aus dem im ersten Theil dieser Untersuchung hinsichtlich der Wasserströmungen erwähnten hervor und ist ausserdem aus dem in Bezug auf die Wirksamkeit der Mundlappen gesagten ersichtlich. Es sind nämlich bei der ruhig liegenden Muschel keine wirbelnden Strömungen im vorderen Theil der infrabranchialen Kammer in der Umgebung des Mundes vorhanden. Die Auffassung M'ALPINES ³⁾, dass die Nahrungstheilchen durch infolge der an den Mantelrändern fließenden Rückströmungen hervorgerufene Gegenströmungen dem Mund zugeführt werden sollten, ist auch ganz verfehlt. Schon STENTA hat das Vorhandensein solcher Gegenströmungen geleugnet und von mir wurde in dem ersten Theil der vorliegenden Untersuchung gezeigt, dass das Wasser in der ganzen infrabranchialen Kammer nur in einer Richtung strömt, d. i. gegen die Kiemenblätter.

¹⁾ p. 417.

²⁾ l. c. p. 415.

³⁾ l. c. p. 200—201.

Ferner ist die von M'ALPINE ausgesprochene Meinung, dass die von den Kiemen abgeseiten Theilchen nicht dem Mund zugeführt werden, wie aus dem hinsichtlich der Bedeutung der Kiemen für die Nahrungsaufnahme gesagten hervorgeht, auch irrthümlich. Im folgenden werden wir indessen etwas näher untersuchen, wie die Nahrungsaufnahme bei den Muscheln stattfindet.

Schon ist gezeigt, wie durch die zuführenden Hauptströmungen bei den verschiedenen Muscheln die mit dem eingehenden Wasserstrom aufgenommenen Fremdkörperchen zu den Mundlappen fortgeführt werden. Bei den *Najaden* entleeren die Kiemenrandströmungen ihr Material unmittelbar zwischen die Mundlappen, wo es gleich von ihren gerieften Seiten gegriffen wird (Fig. B, Seit. 7). Die Kiemenmantelrinnen- und die Kiemenachsenrinnenströmungen transportiren die Fremdkörper dagegen zum hinteren Mundlappenwinkel (Fig. B), wo sie von den dortigen nach unten gehenden Wimperströmen nach den gerieften Seiten der Mundlappen fortgeführt werden. Die zuführenden Mantelströmungen münden an den Hinterrand jedes äusseren Mundlappens (Fig. I, Seit. 19) und das von ihnen mitgebrachte Material wird hier von dem hinteren Randstrom nach unten zur gerieften Mundlappenseite transportirt. Alle von den Hauptströmungen zu den Mundlappen abgelieferten Fremd- bzw. Nahrungskörperchen kommen also zuletzt zu den gerieften Mundlappenseiten. Liegt das Thier ruhig, so ist, wie schon erwähnt, die Mundrinne geschlossen, indem die Mundlappen ihre unteren Ränder gegen einander drücken, und dann kann man auch, wie THIELE schon beschrieben hat, unschwer beobachten, wie zwischen den beiden Mundlappen infolge der schon geschilderten Wimpverhältnisse und der Stellung der Leisten die mit Schleim zusammengeballten Fremdkörperchen bis zum Mund fortgeführt werden. Hier werden sie in der nächsten Nähe des Mundes zwischen die Lippen deponirt. Wenn das Thier Nahrung einnehmen will, öffnet es jetzt seinen Mund und stülpt in den Oesophagus die proximalen Theile der Mundrinne mit der dortigen Fremdkörperansammlung ein. Bei der geöffneten und an der einen Seite entschlachten *Najade* trifft aber dies verhältnismässig selten ein. Jedoch habe ich diesen Vorgang vielfach beobachtet. Gewöhnlich hält aber nach dieser Operation, die um den Körnchentransport zu sehen nötig ist, die Muschel ihre Mundöffnung zugeschlossen. Die an dem Mund angehäuften Karminkörnchen bleiben dann eine längere oder kürzere Zeit in der Mundrinne liegen. Zuletzt aber, wohl infolge des Reizes, den sie an die Lippen ausüben, tritt in diesen eine Kontraktion ein. Die Unterlippe beugt sich in die Mundrinne hinein und durch die Schlagwirksamkeit der an ihrem Rande befindlichen Wimpern werden die Karminenthaltenden Schleimklümpchen aus der Rinne entfernt und von den Randströmungen der beiden Lippen und ferner von den der Mundlappen gegriffen und rückwärts zur Spitze der Mundlappen fortgeführt. Wenn eine Menge mit Schleim verbundener Körnchen sich hier angesammelt hat, biegen sich die Mundlappen aus einander. Das an der Spitze des inneren Mundlappens befindliche Klümpchen wird hierbei von den Wimpern der Körperseite, und das an der Spitze des äusseren

Mundlappens vorhandene von den Wimpern der Mantelinnenfläche gegriffen. In beiden Fällen kommen sie in ausführende Stromgebiete hinein und werden von den resp. Hauptrückströmungen nach aussen entleert.

In dem Reizzustand, in welchem die geöffnete und an der einen Seite entschalte *Najade* sich befindet, trifft aber nicht selten ein, dass die Mundlappen eine längere Zeit aus einander gebogen gehalten werden, so dass die Mundrinne offen steht. In diesem Kontraktionszustand der Mundlappen, wo die meisten Leisten mehr aufgerichtet sind, werden die an ihre gerieften Seiten von den zuführenden Hauptströmungen abgelieferten Fremdkörperchen, wie aus der Darstellung der verschiedenen Wirksamkeit der Mundlappen in verschiedenen Kontraktionszuständen hervorgeht, grösstentheils nach den unteren Rändern getrieben und von den Randströmungen gegriffen, um zuletzt in das ausführende Stromgebiet an der Mantelinnenfläche oder an der Körperseite hineinzukommen.

Bei *Mytilus* findet die Nahrungsaufnahme auf die gleiche Weise, wie hier oben hinsichtlich der *Najaden* geschildert ist, statt. Die Mundlappen, liegen, wie erwähnt, bei dieser Muschel den Kiemenblättern so an, dass die von dem Saum der ungerieften Hälfte ihrer Innenseite gebildete Mundlappenrinne (Fig. P, *Mr*, Seit. 35) mit den Mariginalrinnen der Kiemenblätter zusammenfällt. Infolgedessen werden auch die längs den Mariginalrinnen nach vorn transportirten Fremdkörperchen an den Vorderenden der Kiemenblätter von den Wimpern der Mundlappenrinnen gegriffen und zu der Mundrinne fortgeführt. Die oberen Kiemenrandsaum- und die Kiemenachsenrinnenströmungen entlassen ihr Material in den Mundlappenwinkel. Hier wird es von den Wimpern in der an jedem Mundlappen oberhalb des Saumes zwischen der gerieften und ungerieften Hälfte der Innenseite befindlichen seichten Rinne (Fig. P, R, Seit. 35) rückwärts zur Mundlappenrinne und dann nach vorn zur Mundrinne transportirt. Alles von den zuführenden Hauptströmungen mitgebrachte Material wird also auch bei *Mytilus* in die Mundrinne deponirt. Wenn das Thier Nahrung aufnehmen will, so öffnet es wie die *Najaden* seinen Mund, stülpt die Mundrinne mit den eingeschleimten Fremdkörper in den Oesophagus hinein.

Sind aber die Mundlappen, wie bei dem geöffneten und auf der einen Seite entschaltem *Mytilus*-individuum gewöhnlich eintrifft, aus einander und von den Kiemenblättern weg gezogen, so werden die von den sämmtlichen zuführenden Hauptströmungen mitgebrachten Fremdkörper in den Mundwinkel entleert und von der an jedem Mundlappen hiervon aus nach der Mitte der Innenseite ziehenden nach der Spitze hin flimmernden Rinne (Fig. P, R, Seit. 35) zu der gerieften Hälfte fortgeführt. Hier werden sie infolge der schon erwähnten Bewimperung und Stellung der Leisten nach der unteren Randsaumströmung getrieben und an der Mundlappenspitze angehäuft, um zuletzt wie bei den *Najaden* durch die ausführenden Rückströmungen aus der Mantelhöhle entleert zu werden.

Hinsichtlich der Nahrungszufuhr zum Mund und der Nahrungsaufnahme stimmt *Mya*, natürlich mit den Verschiedenheiten, die von den verschiedenen Bau- und

Strömungsverhältnissen der Mundlappen bedingt sind, mit den erwähnten Muscheln überein.

Jetzt erhebt sich die Frage, ob die Mundlappen das Vordringen untauglicher und geschmackwidriger Stoffe zum Mund verhindern oder ob sie alle mögliche zu ihnen von den zuführenden Hauptströmungen hervorgebrachten Theilchen nach dem Mund fortführen. Sowohl von älteren wie auch von späteren Verff. wurde, wie schon erwähnt, die Vermuthung ausgesprochen, dass die Mundlappen eine solche auswählende Wirksamkeit ausüben. Gegen diese Auffassung betont aber SIMROTH ¹⁾ (1876), dass diese Organe keine specifische Sinnesorgane sein können, da er an ihnen bei den *Najaden* keine Sinneszellen finden konnte. FLEMMING ²⁾ hatte jedoch schon 1869 Sinneszellen an den Mundlappen bei verschiedenen Muscheln beschrieben. Von späteren Verff. ist auch das Vorhandensein solcher Zellen an diesen Organen oftmals beobachtet worden.

Gegen eine solche auswählende Wirksamkeit der Mundlappen hat M'ALPINE hervorgehoben, dass es nicht leicht zu verstehen ist, wie die Mundlappen die zur Nahrung unbrauchbaren Theile von den brauchbaren trennen können sollten, da ja die verschiedenen Körperchen mit einander durch reichlichen Schleim zu Fäden oder Ballen verbunden sind. Dass die Mundlappen nicht das Vordringen untauglicher indifferenten Stoffe zum Mund verhindern, geht schon aus dem Umstand hervor, dass die Muscheln, wie schon lange bekannt ist, bei »Fütterung« mit Karmin- oder Kohlenpulver, diese zur Nahrung ganz unbrauchbaren Theilchen massenhaft aufnehmen, und im vorigen haben wir ja auch soeben geschildert, wie Karminkörnchen zwischen die Mundlappen dem Mund zugeführt und bisweilen durch diesen in den Darmkanal hineingestülpt werden. Ferner findet man bei der Untersuchung des Darminhaltes bei den Muscheln die verschiedensten Dinge und unter diesen oft Quatzkörnchen und andere kleine anorganische, zur Nahrung ganz unbrauchbare Körperchen. Als sicher dürften wir somit erachten können, dass die Mundlappen bei den Muscheln im allgemeinen nicht die kleinen untauglichen indifferenten Körperchen, die mit der Nahrung in die Mantelhöhle hineinkommen, von den Nahrungstheilchen trennen, sondern, wie vorher erwähnt wurde, alles dem Mund zuführen. Ob sie aber geschmackwidrige und schädliche Stoffe vom Mund wegtreiben oder zu ihm hervorzudringen verhindern, ist eine Frage, die nicht so leicht zu entscheiden ist. Sie hängt nämlich mit einer Menge anderer Fragen innig zusammen und kann nicht für sich allein gelöst werden. Wir müssen nämlich berücksichtigen, dass die zu den Mundlappen angekommenen Fremdkörper die Einströmungsöffnung und Oberfläche der Kiemenblätter passirt haben, und dass sie auf diesem Weg immer in Berührung mit den an diesen Körpertheilen befindlichen zahlreichen Sinneszellen kommen. Wenn sie hier reizend einwirken, wird gleich eine Adduktionsbewegung

¹⁾ l. c.

²⁾ Die haartragenden Sinneszellen in der Oberhaut der Mollusken: Arch. f. mikroskop. Anatom., Bd. 5, 1869.

ausgelöst und die Fremdkörper mit dem Überschuss des in der infrabranhialen Kammer enthaltenen Wassers hinausgestossen. Bei der normalen Muschel dringen also solche reizende Stoffe gewöhnlich nicht bis zu den Mundlappen hervor. Wie aus dem erwähnten ersichtlich ist, muss also die Wirksamkeit der Mundlappen in dieser Hinsicht in Zusammenhang mit der Reizbarkeit des Muschelkörpers überhaupt beurtheilt werden und kann somit hier nicht zur Behandlung aufgenommen werden. In einer späteren Arbeit hoffe ich aber diese Frage zu einer näheren Untersuchung aufnehmen zu können.

Aus dem hinsichtlich der Nahrungsaufnahme gesagten geht also hervor: Die Nahrungsaufnahme ist bei den Muscheln ein aktiver Vorgang. Der Mund steht nicht beständig offen. Die Nahrungstheilchen werden nicht durch Wasserströmungen in den geöffneten Mund hineingetrieben. Von den zuführenden Hauptströmungen nach den Mundlappen transportirt, werden die Fremdkörperchen von diesen in die Mundrinne fortgeführt und in der Nähe des Mundes deponirt. Will das Thier Nahrung aufnehmen, so öffnet es seinen Mund und stülpt die proximalen Theile der Mundrinne mit den dort angesammelten und reichlich eingeschleimten Fremdkörpern in den Oesophagus hinein. Wenn die Fremdkörper nicht vom Thier aufgenommen werden, werden sie früher oder später von der Randströmung der Lippen gegriffen und längs dem unteren Randsaum der Mundlappen bis zu ihrer Spitze fortgeführt, um zuletzt durch die ausführenden Rückströmungen entleert zu werden. Wenn die Mundlappen infolge eines Reizes aus einander gezogen sind, verhindern sie gewöhnlich die zu ihnen gelangten Fremdkörper nach dem Mund vorzudringen und führen diese in das ausführende Stromgebiet hinüber.

Bei der Beschreibung der zu- und ausführenden Wandströmungen wurde absichtlich ihr gegenseitiges Verhalten nicht näher berührt. Aus der gegebenen Darstellung geht aber hervor, dass diese beiden verschiedenen Strömungsgebiete nicht unmittelbar in einander übergehen. Die zuführenden Strömungen münden, wie oft hervorgehoben wurde, an den Mundlappen und die ausführenden fangen an den Mantellappen an. Wenn wir aber die hinsichtlich des Verhaltens der Mundlappen jetzt gewonnenen Ergebnisse berücksichtigen, finden wir, dass es eben die Mundlappen sind, welche in gewissen Kontraktionszuständen die Verbindungsbrücke zwischen die zuführenden und ausführenden Strömungen bilden und somit das unmittelbare Übergehen des Materiales von jenen zu diesen vermitteln.

Tafelerklärung.

Alle Figg. sind nach dem Leben mittels der ABBE'schen Camera bei Tubarl. 160 mm. gezeichnet. Figg. 1, 5 u. 7 LEITZ Okul. 0, Objekt. Pantachr. 3,0 mm.; Fig. 2 LEITZ Okul. 0, Objekt. 5; Figg. 3 u. 4 ZEISS Okul. 3, Objekt. D*; Fig. 6 ZEISS Okul. 3, Objekt. B.

Tafel I.

- Fig. 1. *Mytilus*: Ein Stückchen aus dem oberen Theil der aufsteigenden Lamelle des äusseren Kiemenblattes mit dem Randsaum (*R_s*) und den proximalen Theilen dreier Filamentenschenkel. Am hinteren Theil des Randsaumes ist die Bewimperung der Aussenseite und am mittleren Theil die durch den Randsaum bei tiefer Einstellung des Mikroskopes sichtbare Bewimperung der Innenseite eingezeichnet. Die punktirten Pfeile geben die Schlagrichtung der Wimpern an verschiedenen Stellen an. Am Randsaum zeigt der gerade nach unten gehende Pfeil die Bewegungsrichtung der äusseren Wimpern und die nach vorn (*V*) gehenden Pfeile die der inneren an. *H* = der nach hinten gewendete Theil des Kiemenblattes.
- Fig. 2. *Mytilus*: Das untere Ende eines Kiemenfilamentes, von der hinteren Seite gesehen. Die Bewimperung nur an der rechten Hälfte eingezeichnet, an der linken zeigen die punktirten Pfeile die Schlagrichtung der verschiedenen Wimpern. *Hw* = die Haftwimperbürste. *Rw* = die Randmembranellen. *Sw* = die Seitenwimpern.
- Fig. 3. *Mya*: Das untere Ende eines Kiemenfilamentes des inneren Kiemenblattes, von der lateralen Seite gesehen, eine grosse Sinnesborste zeigend. *V* und *H* = die vordere und hintere Kante des Filamentes.
- Fig. 4. *Mya*: Ein Stückchen vom unteren Rand des inneren Kiemenblattes, die Mündung der Mariginalrinne (*Mr*) zeigend. An jeder Seite der Mariginalrinne sind die die Rinne begrenzenden Theile zweier Filamente gezeichnet. Am inneren Rand jedes Filamentes sieht man die fächerförmig angeordneten feinen Borsten, die sich über die Rinne strecken. *iF* und *äF* = die unteren Ende der aufsteigenden und absteigenden Filamentenschenkel. *V* und *H* = der nach vorn und nach hinten gewendete Theil der Rinne. Die Pfeile geben die Schlagrichtung der Wimpern an.
- Fig. 5. *Mytilus*: Ein Stückchen vom unteren Theil des Mundlappens, den unteren Saum (*uMs*) und zwei Leisten, die auseinander gezogen sind, zeigend. *V* und *H* = der nach vorn und hinten gewendete Theil des Mundlappens; *Vs* und *Hs* = die vordere und hintere Seite der Leisten; *R* = die Rinne zwischen den Leisten; *Rz*, *oSz*, *mSz*, *uSz* = die Rand-, obere, mittlere und untere Seitenzone. Die Pfeile geben die Schlagrichtung der verschiedenen Wimperzonen an.
- Fig. 6. *Anodonta* = Fig. 5.
- Fig. 7. *Mya* = Fig. 5.



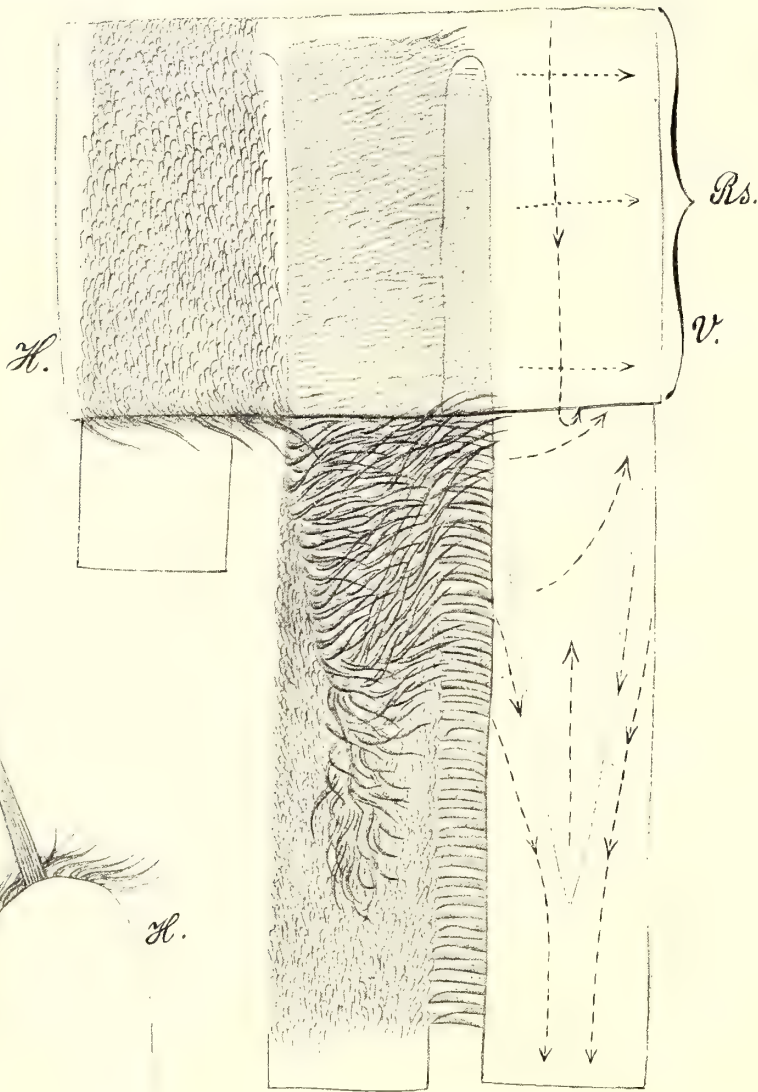


Fig. 1

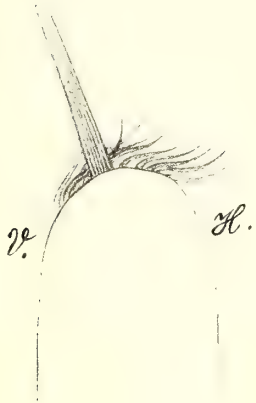
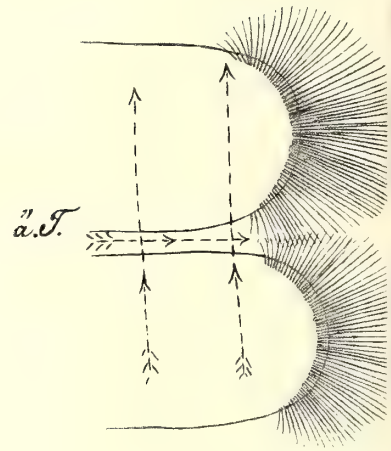


Fig. 3

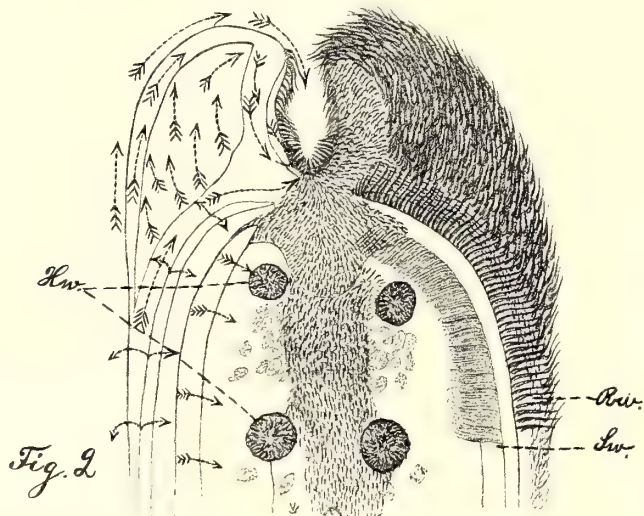
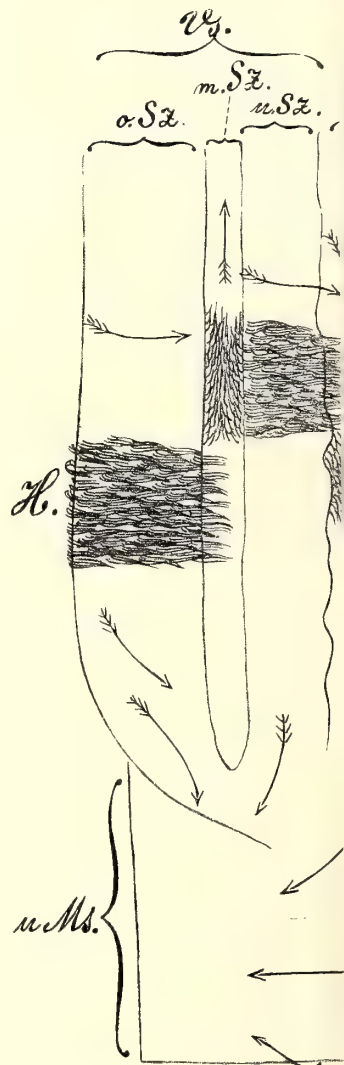
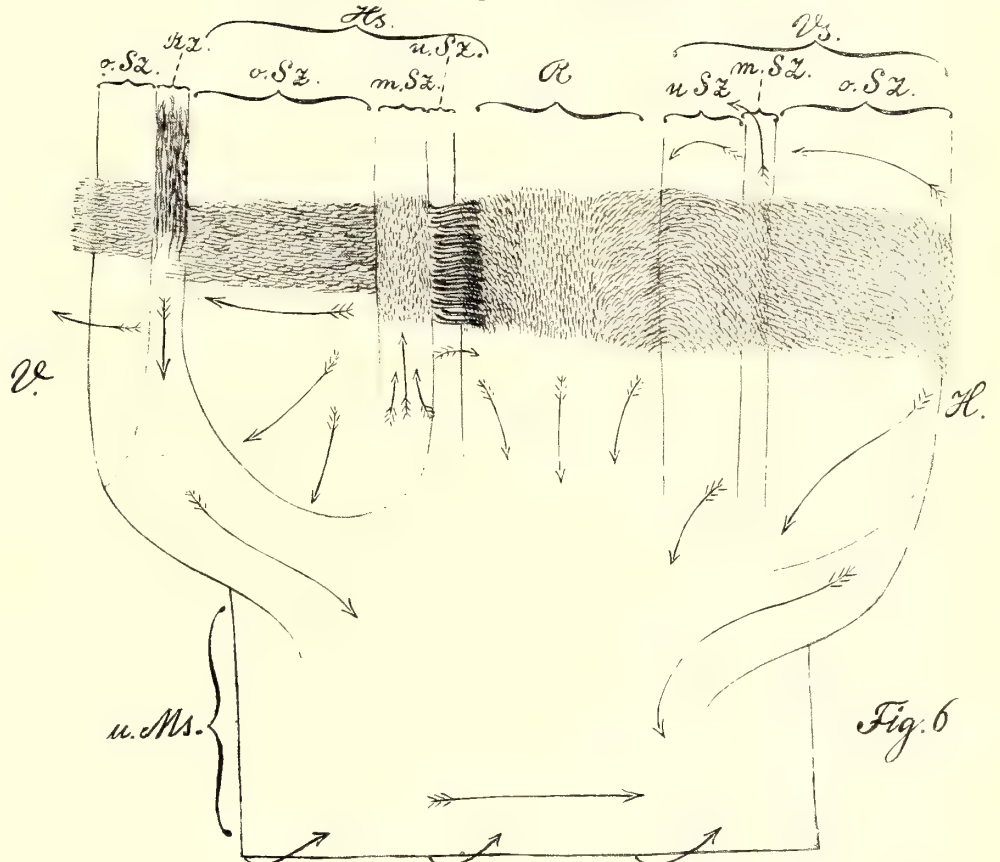
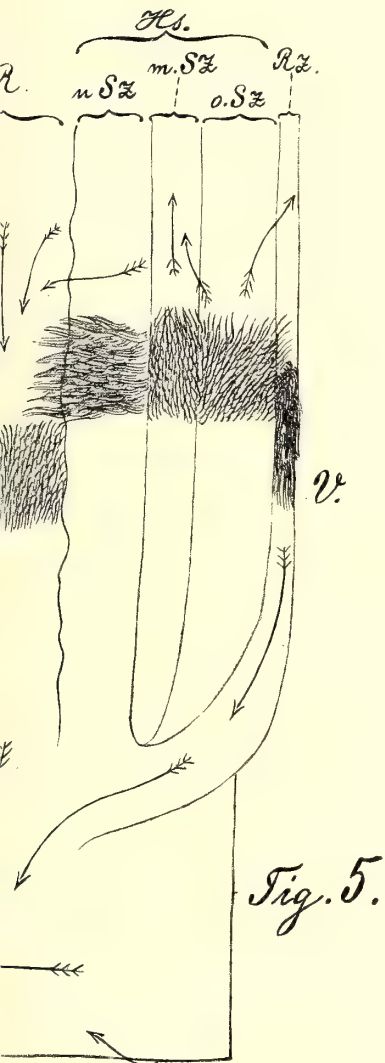
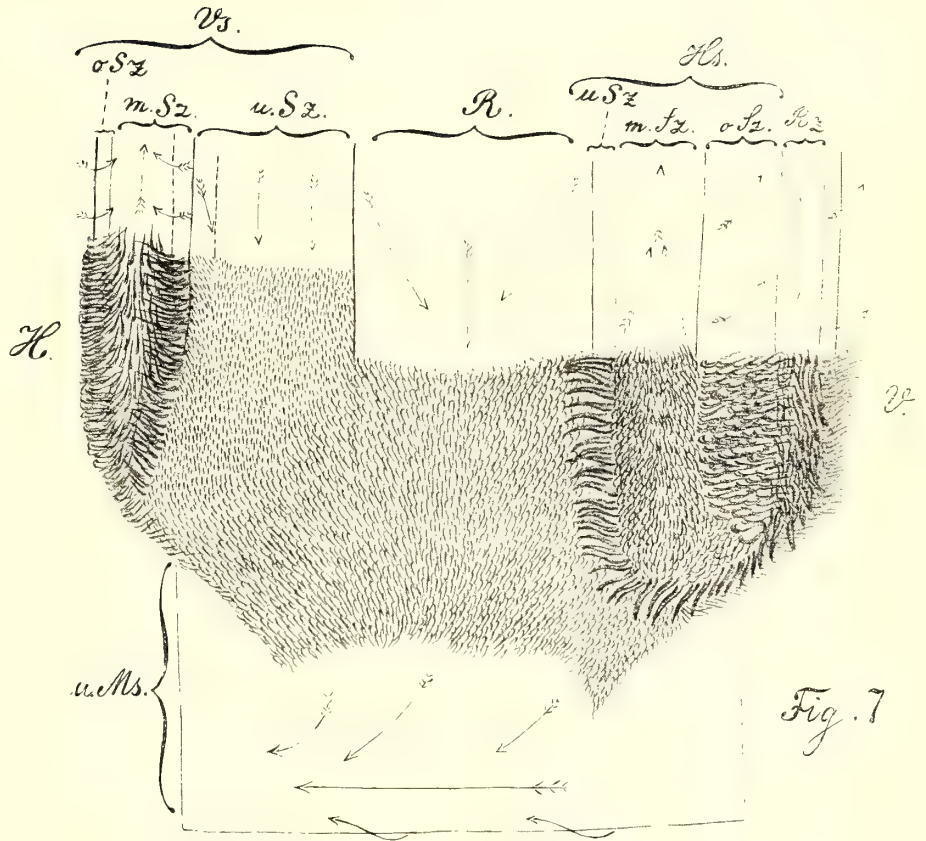
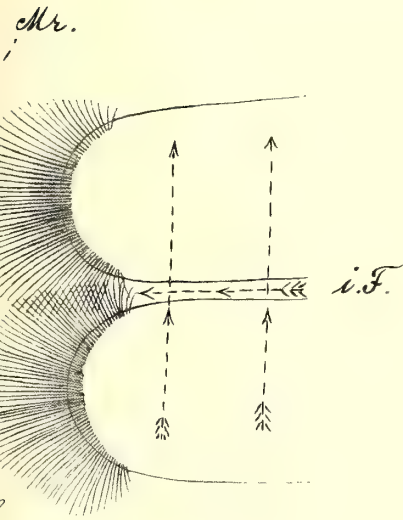


Fig. 5



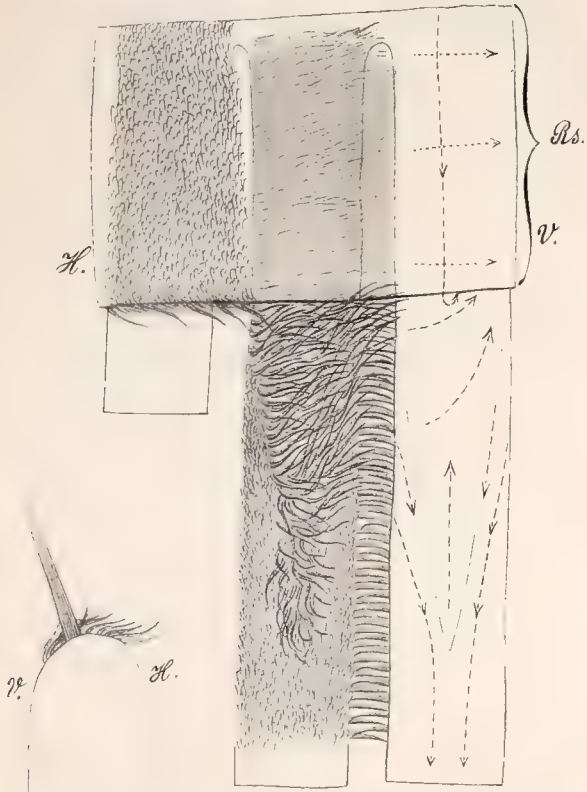


Fig. 1

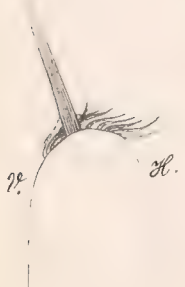


Fig. 3

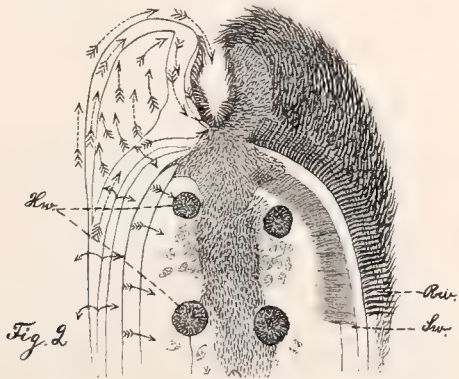


Fig. 2

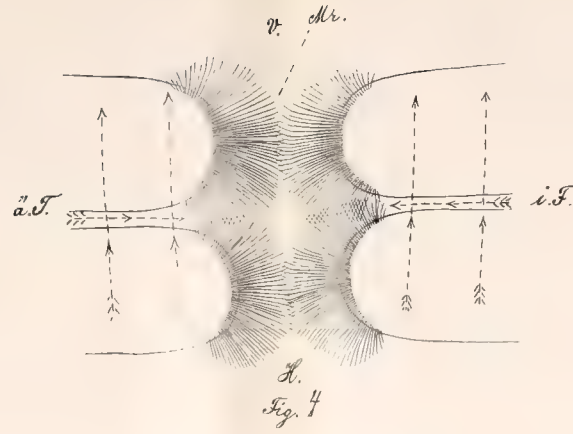


Fig. 4

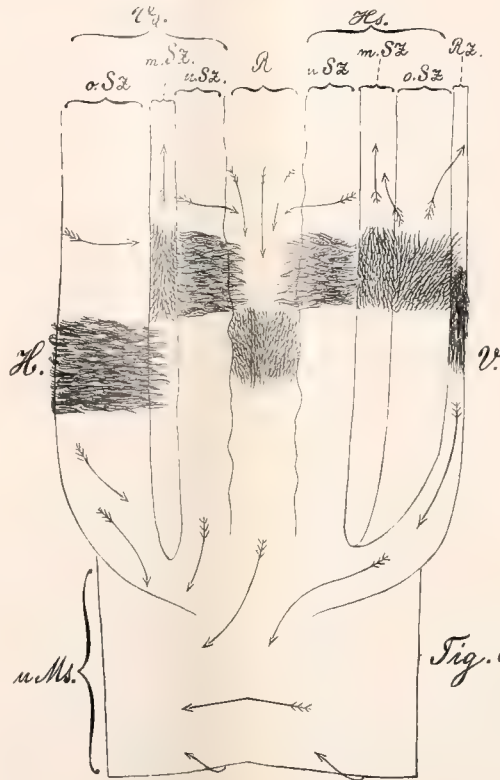


Fig. 5.

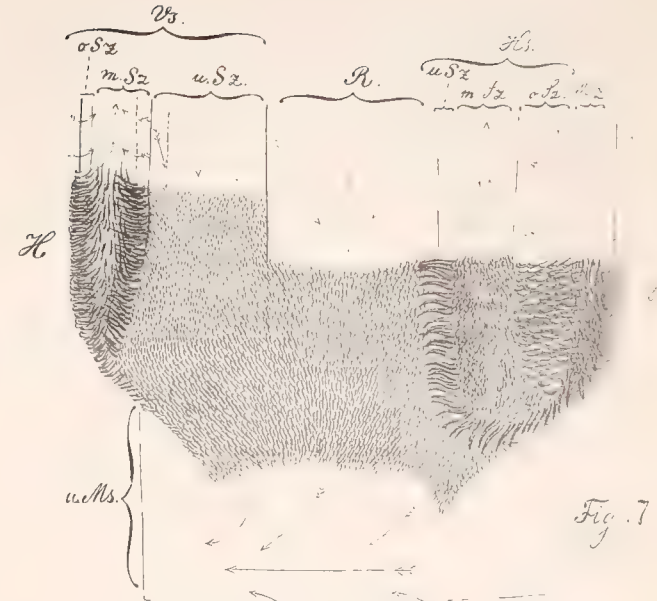


Fig. 7

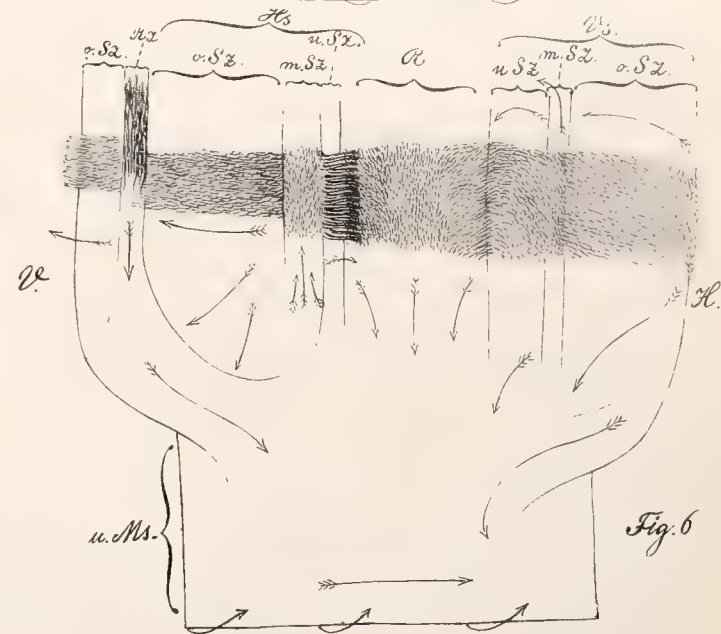


Fig. 6

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFIT. N. F. Afd. 2. Bd 1. N:r 4.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 16. N:r 4.

CONTRIBUTIONS
À LA CONNAISSANCE DE LA
FLORE DU NORD-OUEST DE L'AFRIQUE
ET PLUS SPÉCIALEMENT
DE LA TUNISIE.

DEUXIÈME SÉRIE

PAR

SV. MURBECK.

AVEC VINGT PLANCHES.



LUND 1905
IMPR. HÅKAN OHLSSON.

Introduction.

En 1903 j'ai pu, grâce à une bourse de voyage de l'État suédois, entreprendre pour la seconde fois un voyage botanique dans l'Afrique du Nord.

Mon intention primitive était de visiter seulement la région de Biskra, où je me proposais de séjourner pendant le mois d'Avril et la moitié du mois de Mai, pour achever et contrôler certaines observations faites pendant mon voyage de 1896, mais encore inédites, sur la biologie de la flore du désert. Conformément à ce projet, j'arrivai le 31 Mars, par Paris, Marseille et Philippeville, à l'oasis de Biskra, et je m'occupai là pendant trois semaines, environ, d'études du genre que je viens d'indiquer. Continuer plus longtemps ces recherches eût été désirable, mais les conditions n'étaient pas avantageuses. Par suite du manque presque complet de pluie pendant l'hiver, et de l'absence totale d'eau tombée pendant les mois de printemps, une grande partie de la végétation du désert avait été détruite dès la seconde moitié d'Avril. Dans ces circonstances je me décidai, comme en 1896, où la situation était identiquement la même dans le Sahara algérien, à partir pour la Tunisie, et à m'y consacrer à des études phytographiques et phytogéographiques hors de la région du désert, et pour cette raison, de prolonger mon séjour sur la terre d'Afrique jusqu'au mois de Juin. Le 21 Avril je quittai donc Biskra et j'arrivai trois jours plus tard par Kroubs, Souk-Ahras et Tunis à Hammamet sur la côte orientale de la Tunisie. Pendant quinze jours je fis là des études sur la flore du littoral et fis en outre une course à Sousse et aux plaines subdésertiques de Kairouan; je revins le 9 Mai à Tunis pour faire des préparatifs en vue d'un séjour dans la région montagneuse de la Tunisie centrale. Le 15 Mai j'arrivai par Pont-du-Fahs au pied du Djebel Bargou, montagne que j'avais décidé d'explorer si possible. On pouvait en effet supposer qu'elle offrirait un certain intérêt au point de vue de la géographie botanique et d'autre part elle n'avait été visitée qu'une seule fois, et d'une façon assez rapide, par un botaniste. Grâce à cette circonstance que la Compagnie des Eaux de Tunis avait précisément fait construire une grande maison à Aïn Bou Saadia, je pus réellement, en prenant cette maison comme base d'opérations, pendant près

de quinze jours me consacrer à l'exploration de ce massif montagneux. Le 30 Mai je partis d'Aïn Bou Saadia et arrivai à D:ret Ez Zriba au pied du Djebel Serdj; de là je fis l'ascension du plus haut sommet de cette montagne que j'avais visitée très rapidement en 1896, mais qui par d'ailleurs n'avait pas été explorée au point de vue botanique. L'insuffisance de mon équipement me força dès le 1^{er} Juin à continuer jusqu'au Bordj de Maktar, où je reçus le même accueil hospitalier qu'à mon premier voyage et où je séjournai jusqu'au 5, jour où je partis pour El Kef. De là je me rendis le 7 Juin, par Souk-el-Arba, à Aïn Draham en Kroumirie et je me trouvai de nouveau le 10 à Tunis. Le 12 Juin je profitai d'un bateau direct pour Marseille.

Je publie dans les pages qui suivent d'une part un aperçu de la végétation du massif du Bargou, d'autre part les résultats phytographiques de ce voyage.

Ce m'est un agréable devoir d'exprimer ici ma reconnaissance aux personnes qui ont prêté à mon entreprise l'appui le plus efficace. En premier lieu je dois nommer M. S. PICHON, Résident général de France à Tunis, dont les recommandations m'ont valu partout auprès des autorités tunisiennes le meilleur accueil. J'ai une dette toute particulière de reconnaissance envers la Compagnie des Eaux à Tunis pour avoir pu me servir du bordj élevé par elle à Aïn Bou Saadia comme base d'opérations pour mon exploration du Djebel Bargou. Je suis en outre redevable à M. HJ. ROSENLUND, Consul de Suède et de Norvège à Tunis, d'un grand nombre de services et de renseignements précieux.

Les déterminations des matériaux recueillis au cours du voyage et les descriptions des espèces nouvelles ont été exécutées à l'Herbier COSSON à Paris, et je dois exprimer au propriétaire de l'herbier, M. le Docteur ERNEST DURAND, ma profonde reconnaissance pour la libéralité avec laquelle ces collections, d'une importance si exceptionnelle pour l'étude de la flore du nord-ouest de l'Afrique, ont été mises à ma disposition ainsi que pour les prévenances charmantes qu'il m'a témoignées à tous les égards. Pour la même raison, je prie le conservateur de l'herbier, M. G. BARRATTE, de recevoir mes remerciements les plus cordiaux. J'ai en outre une dette de reconnaissance envers M. BARRATTE qui m'a proposé de publier ici, en collaboration avec lui, certaines espèces du Maroc, qui se trouvent dans l'Herbier COSSON et qui sont nouvelles pour la science, et qui m'a donné une preuve de bonne amitié en revoyant le texte français de cette publication.

Pour la bienveillance avec laquelle j'ai été accueilli également au Muséum d'Histoire naturelle de Paris, je demande enfin à exprimer ma reconnaissance à M. ED. BUREAU, Professeur au Muséum et Directeur de l'Herbier et du Laboratoire de botanique, ainsi qu'à M. le Docteur ED. BONNET, Préparateur de botanique au même établissement.

I.
APERÇU
DE LA
VÉGÉTATION DU DJEBEL BARGOU.

Le Djebel Bargou, qui appartient aux ramifications les plus orientales de la chaîne de l'Atlas, est situé dans la partie nord-est de la Tunisie centrale, à 36° 5' de latitude nord, à 7° 15' à l'est du méridien de Paris, et à mi-chemin, environ, entre deux autres montagnes élevées de la Tunisie, le Kalaat-el-Harrat (1294 m.) et le Djebel Zaghouan (1298 m.). De même que la plupart des montagnes de cette partie de l'Atlas, il est orienté dans la direction sud-ouest—nord-est. Il a une longueur d'environ 16 kilomètres, une largeur d'environ 7 kilomètres et s'élève à une altitude de 1266 m. Il est entièrement constitué d'un calcaire jurassique assez dur, tantôt gris ou rougeâtre, tantôt presque blanc. La partie supérieure de la montagne a la forme d'un plateau très allongé qui au milieu a une largeur d'un kilomètre, mais qui se rétrécit sensiblement aux deux extrémités. Ce plateau est riche en plantes herbacées, mais complètement dépourvu d'arbres et d'arbustes. Le versant nord-ouest de la montagne s'incline d'une manière uniforme et assez doucement jusqu'à 600 à 700 mètres et est, comme le plateau, presque partout complètement dépourvu de végétation arborescente. Un contraste assez vif nous est par contre offert par le versant sud-est de la montagne. Tout en haut il présente une muraille rocheuse abrupte, haute en certains endroits de 200 mètres, qui ne donne accès au plateau que sur un petit nombre de points, et au-dessous de cette muraille le versant est tapissé d'un revêtement presque continu de broussailles et de bois; en outre il est richement découpé en vallons et en ravins qui descendent entre des terrasses rocheuses jusqu'à la vallée de l'Oued Bargou (600 à 400 m.) qui longe la montagne et la sépare des ramifications septentrionales du Djebel Serdj. Sur ce versant de la montagne se trouvent plusieurs sources abondantes, dont l'eau a, çà et là, déposé des alluvions dans les vallées. C'est en particulier le cas de la vallée de l'Oued Bargou, qui présente à la fois des peuplements d'arbres à l'aspect de parcs, et de véritables petites prairies, et qui, grâce à ce fait que l'oued a de l'eau pendant toute l'année, offre un terrain favorable à de nombreuses plantes qui recherchent l'humidité. A part quelques arbres plantés, oliviers, caroubiers et noyers, et un ou deux »jardins» arabes sans prétentions, cette vallée est cependant, comme toute la partie de la montagne qui la domine, restée inculte. Quelques villages

arabes, non sans importance, se trouvent, il est vrai, plus haut sur les pentes ou sur les terrasses rocheuses, mais les habitants vivent de préférence de leurs chèvres et de leur autre bétail, et les quelques cultures qu'ils possèdent sont réunies sur le versant opposé et non habité de la montagne. Autour des villages, dont les maisons sont entassées, se trouvent parfois des haies d'*Agave americana* et des plantations d'*Opuntia Ficus-indica*, mais elles doivent, à un certain point, servir de fortifications: jusqu'à ces derniers temps les différents villages ont vécu, à ce qu'on dit, sur le pied de guerre les uns avec les autres. Presque partout sur ce versant de la montagne la végétation a donc gardé sa composition primitive; l'intervention de l'homme a surtout consisté en ce que les Arabes, pour procurer du fourrage à leurs troupeaux, brûlent très souvent des surfaces plus ou moins étendues de broussailles ou de bois, fait qui a pour conséquence que les arbrisseaux, arbres ou arbustes n'arrivent pas, en beaucoup de points, à l'âge normal.

Je fais ici un exposé assez détaillé de la végétation du Djebel Bargou. Pour plus d'une raison je crois qu'il peut être de quelque intérêt. D'abord on ne possède pas jusqu'ici un rapport d'ensemble sur la végétation d'une partie quelconque de la région montagneuse du centre de la Tunisie; en outre le massif en question peut, quant à la composition de sa flore, être considéré comme faisant transition, jusqu'à un certain point, avec les régions montagneuses situées au nord de la Medjerda. Du reste, parmi les montagnes élevées de la Tunisie le Dj. Bargou est peut-être celle qui jusqu'ici a été la moins explorée au point de vue de la botanique¹⁾. Un exposé de sa végétation actuelle doit en outre offrir un intérêt tout particulier en tant que la flore de certaines vallées et spécialement de la grande vallée de l'Oued Bargou est sur le point de subir une importante modification. Pour augmenter les ressources d'eau potable dans la ville de Tunis, distante de plus de 100 kilomètres, on a recueilli toute l'eau des sources du versant sud-est de la montagne, pour l'amener dans des conduites couvertes et en partie souterraines. Ce travail gigantesque, commencé pendant mon séjour dans cette région en 1903, doit maintenant être achevé. Une conséquence inévitable sera cependant que l'Oued Bargou sera complètement desséché, ce qui amènera à son tour une rapide extinction de nombreuses espèces de plantes sciaphiles et hygrophiles dans sa vallée. Ce ne seront en effet pas seulement les plantes aquatiques qui disparaîtront, mais les petites prairies, plus ou moins humides jusqu'ici pendant l'année entière, se transformeront sans aucun doute très vite en champs arides et les nombreuses espèces qui jusqu'ici ont prospéré à l'ombre des arbres touffus ne pourront pas d'avantage subsister lorsque ceux-ci, par manque d'humidité, auront petit à petit disparu. Un trait caractéristique, important au point de vue de la géographie botanique, de la flore des parties inférieures du Dj. Bargou est donc appelé à se modifier essentiellement dans un court espace de temps, par ce fait que précisément

¹⁾ A. LETOURNEUX, qui la traversa le 3 Juin 1887, est le seul botaniste qui l'avait visitée.

les espèces qui donnent un caractère boréal à la végétation de cette vallée sont condamnées à une disparition certaine.

Pour donner un exposé de la flore du Dj. Bargou il est nécessaire de distinguer en premier lieu les régions suivantes: le plateau du sommet, le mur de rochers escarpés mentionné ci-dessus, les pentes de la montagne, et la vallée de l'Oued Bargou.

Le plateau du sommet. Cette région est située à une altitude de 1150 à 1266 m. Le trait le plus frappant de sa végétation est que les arbres et les grands arbustes y font, comme il a été dit plus haut, complètement défaut. Le *Rhamnus prostrata* (BOISS.) et le *Cerasus prostrata* (LAB.) LOISL. s'y rencontrent, mais seulement en petite quantité, et au point de vue de la physionomie ils se comportent en outre comme des herbes décombantes. Le manque d'autres plantes ligneuses doit dépendre de ce fait que, à part quelques petites terrasses rocheuses, le sol est presque plan et que la végétation est par suite extrêmement exposée aux vents. — Les plantes caractéristiques de cette région sont, outre les deux espèces déjà mentionnées, en premier lieu les suivantes: *Ranunculus rupestris* GUSS., *Erophila verna* (L.) E. MEY., *Draba hispanica* BOISS., *Hutchinsia petræa* (L.) R. BR., *Viola arvensis* MURR. subsp. *V. atlantica* POMEL, *Silene colorata* POIR. v. *monticola* MURB., *Holosteum umbellatum* L., *Cerastium fallax* GUSS., *Geranium lucidum* L., *Erodium asplenioides* (DESF.) WILLD., *Saxifraga tridactylites* L., *S. carpetana* B. & R., *Valeriana tuberosa* L., *Serratula pinnatifida* POIR., *Calamintha ? alpina* (L.) LAM., *Ophrys lutea* CAV. subsp. *O. subfusca* (RECHB.) MURB., *Anthoxanthum odoratum* L., *Festuca laevis* HACK. et *Aspidium rigidum* (HOFFM.) SW. v. *australe* TEN. Moins caractéristiques pour cette région sont les espèces suivantes, qui se rencontrent également à un niveau un peu moins élevé: *Ranunculus flabellatus* DESF., *R. millefoliatus* VAHL, *Arabis tunetana* MURB., *A. auriculata* LAM., *A. parvula* DUF. ap. DC., *Alyssum serpyllifolium* DESF., *A. montanum* L. subsp. *A. atlanticum* DESF., *Bivonæa lutea* (BIV.) DC., *Helianthemum glaucum* (CAV.) PERS., *H. rubellum* PRESL subsp. *H. rotundifolium* DUN. ap. DC., *Alsine Munbyi* BOISS., *A. tenuifolia* (L.) CR., *Trifolium phleoides* POURR. ap. WILLD., *T. arvense* L. v. *longisetum* BOISS., *Pimpinella Tragium* VILL., *Bupleurum spinosum* L. fil., *Vaillantia muralis* L., *Bellis silvestris* CYR., *Anthemis punctata* VAHL, *Calendula suffruticosa* VAHL subsp. *C. tomentosa* DESF., *Centaurea incana* DESF., *Ajuga Iva* (L.) SCHREB., *Rumex thyrsoides* DESF., *Asphodelus microcarpus* VIV., *Asphodeline lutea* (L.) REICHB.

Des 44 plantes énumérées 6 sont endémiques dans les régions montagneuses du nord-ouest de l'Afrique, ce sont: *Viola arvensis* subsp. *V. atlantica*, *Silene colorata* v. *monticola*, *Ophrys lutea* subsp. *O. subfusca*, *Arabis tunetana*, *Alsine Munbyi* et *Centaurea incana*; toutes les autres se rencontrent également dans la région méditerranéenne de l'Europe. Onze espèces se trouvent aussi dans l'Europe moyenne, et six d'entre elles montent au nord jusqu'en Scandinavie, ce sont: *Erophila verna*, *Hutchinsia petræa*, *Holosteum umbellatum*, *Geranium lucidum*, *Saxifraga tridactylites* et *Anthoxanthum odoratum*. Toutes ces espèces du nord et du centre de l'Europe,

à l'exception de l'*Aspidium rigidum* v. *australe*, se présentent cependant aussi dans les montagnes situées plus au sud de la Tunisie. Ce n'est par conséquent pas sur le plateau que la flore du Dj. Bargou présente un caractère remarquablement boréal. L'altitude de la montagne est évidemment trop faible et l'humidité du sol trop insuffisante. Les pluies se produisent certainement assez souvent, et encore en Mai le plateau est très souvent enveloppé de brouillards, mais comme l'eau tombée descend immédiatement par d'innombrables fentes et crevasses, le sol se dessèche vite de nouveau. A cela se rattache évidemment le fait digne de remarque que les cypéracées manquent absolument dans cette région et qu'aussi les graminées y jouent un rôle à peine digne de mention: des deux seuls représentants de cette dernière famille on ne rencontre que quelques petites colonies. — Deux espèces, à savoir le *Trifolium phleoides* et l'*Aspidium rigidum* v. *australe*, ont cependant sur le Dj. Bargou leur point d'apparition le plus méridional en Tunisie, et on pourrait peut-être voir là un rapprochement avec la flore de l'Europe, respectivement de la Tunisie du nord.

Au point de vue de la physionomie on peut dire que l'*Asphodelus microcarpus* est l'espèce dominante du plateau en ce sens qu'il se présente en grande quantité et qu'il dépasse en hauteur le reste de la végétation, lequel se compose de plantes herbacées de petite taille, qui ne couvrent pas, à beaucoup près, le sol pierreux, mais qui présentent une grande richesse de fleurs et une très grande variation de couleurs.

Les rochers escarpés au-dessous du plateau. Ils constituent, comme nous l'avons dit, un mur élevé, presque ininterrompu, courant dans la direction longitudinale de la montagne à une altitude de 1000 à 1200 m. Le mur rocheux fait face au sud-est et comme il est nettement exposé au soleil il est chauffé d'une manière tout à fait considérable pendant la matinée et les premières heures de l'après-midi. Sa végétation présente en conséquence un caractère xérophile très accentué. Du reste elle est extrêmement clairsemée et relativement pauvre en espèces. Dans les parties les plus fortement ensoleillées on rencontre les espèces suivantes: *Fumaria numidica* COSS. & DR., *Alyssum serpyllifolium* DESF., *A. montanum* L. subsp. *A. atlanticum* DESF., *Erysimum grandiflorum* DESF., *Brassica Gravinæ* TEN., *Sinapis pubescens* L., *Polygala rupestre* POURR. v. *saxatile* (DESF.) MURB., *Ononis subocculta* VILL., *Sedum acre* L. subsp. *S. neglectum* TEN., *S. dasyphyllum* L. v. *glanduliferum* (GUSS.) MOR., *S. coeruleum* VAHL, *Pimpinella Tragicum* VILL., *Bupleurum spinosum* L. fil., *Phagnalon sordidum* (L.) DC., *P. saxatile* (L.) CASS., *Seriola laevigata* L., *Scrophularia laevigata* VAHL, *Linaria flexuosa* DESF., *Thymus hirtus* WILLD. subsp. *Th. algeriensis* B. & R., *Calamintha rotundifolia* (PERS.) BENTH. v. *micrantha* MURB., *Sideritis incana* L. subsp. *S. tunetana* MURB., *Ruscus aculeatus* L., *Stipa Lagascae* R. & S., *Ephedra altissima* DESF. v. *algerica* STAPF. Sur les parois moins fortement ensoleillées et dans les fentes des rochers où il y a un amas plus riche de détritiques et d'humus on trouve les espèces suivantes: *Erodium hymenodes* L'HÉRIT.,

Hippocrepis scabra DC., *Vicia leucantha* BIV., *Scrophularia laevigata* VAHL subsp. *S. pellucida* POMEL, *Veronica Cymbalaria* BOB. subsp. *V. panormitana* TIN.

Cette flore peut être considérée comme typiquement nord-africaine. Parmi les 29 espèces il n'y en a en effet pas moins de 10 endémiques dans le nord-ouest de l'Afrique, et parmi les autres il n'y a que l'*Ononis suboculta* et le *Ruscus aculeatus* qui se présentent un peu en dehors de la région méditerranéenne en Europe.

Les pentes de la montagne. Comme il a été dit précédemment, il y a au point de vue physionomique une très grande différence entre le versant sud-est et le versant nord-ouest de la montagne, en ce sens que le premier, qui est relativement escarpé et plus richement découpé, est recouvert à peu près entièrement de broussailles et de bois, tandis que l'autre en est presque complètement dépourvu et est occupé par des champs pierreux, arides et stériles, ça et là coupés par des cultures insignifiantes et primitives. Il ne faut cependant pas attribuer, et en tout cas pas en premier lieu, cette différence à la situation climatérique ou physique, mais au contraire, selon toute vraisemblance, à l'intervention humaine, si ancienne soit-elle. La base du versant nord-ouest est en effet parsemée, sur toute l'étendue de la montagne, de ruines romaines, et comme on n'en trouve absolument pas sur le versant opposé, plus difficile d'accès, on doit supposer que les pentes du nord-ouest relativement égales ont été cultivées pendant l'époque romaine jusqu'à une altitude assez considérable, et qu'elles ont été alors dépouillées de leur végétation de broussailles et de bois, qui n'ont pas pu se reformer de nouveau. — Nous allons nous occuper séparément des pentes broussailleuses-boisées et des pentes nues.

Les pentes broussailleuses-boisées. Le type de végétation le plus caractéristique ici est la *broussaille* toujours verte. Les espèces qui constituent les broussailles du Dj. Bargou sont en premier lieu les suivantes: *Cistus Clusii* DUN. ap. DC., *C. monspeliensis* L., *C. incanus* L. subsp. *C. villosus* L., *Pistacia Lentiscus* L., *Calycotome villosa* (POIR.) LK., *Erica multiflora* L., *Olea europæa* L., *Phillyrea latifolia* L., *Ph. media* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Quercus Ilex* L. Ordinairement ces espèces croissent pêle-mêle les unes avec les autres, de sorte qu'on ne rencontre presque jamais de peuplements homogènes formés de l'une ou de l'autre. Mélangées avec ces espèces, mais généralement plus dispersées, se trouvent les suivantes: *Pistacia Terebinthus* L., *Rhamnus Alaternus* L., *Anagyris foetida* L. (rare), *Spartium junceum* L., *Coronilla juncea* L., *Lonicera implexa* AIT., *Arbutus Unedo* L., *Jasminum fruticans* L., *Globularia Alypum* L., *Quercus coccifera* L., *Pinus halepensis* MILL., *Juniperus Oxycedrus* L.¹⁾ — En général les broussailles constituées de cette manière ont le caractère de fourrés plus ou moins épais, assez souvent impénétrables. Leur hauteur n'atteint ordinairement que 1 à 3 mètres, en partie sans aucun doute parce que, comme il a été dit, elles sont brûlées très fréquemment par les indigènes.

¹⁾ Parmi les espèces qui font défaut et qui sont des essences caractéristiques des broussailles du nord de la Tunisie, les suivantes méritent d'être mentionnées: *Myrtus communis* L., *Lavandula Stoechas* L., *Helianthemum halimifolium* (L.) PERS. — Le *Zizyphus Lotus* (L.) LAM. fait également défaut, de même que le *Quercus Suber* L., le *Chamærops humilis* L. et le *Callitris articulata* (VAHL) MURB.

Là où ce n'est pas le cas et où soit le *Quercus Ilex* soit le *Pinus halepensis* se présente en grande quantité, elles prennent la forme de bois, et il paraît vraisemblable que ceux-ci ont eu à une époque antérieure une plus grande extension qu'aujourd'hui.

Les pentes broussailleuses et boisées contiennent en outre de nombreux sous-arbrisseaux et une grande richesse de plantes herbacées, annuelles et vivaces. Particulièrement caractéristiques pour les broussailles sont les espèces suivantes: *Fumana thymifolia* (L.) MURB. avec la var. *viridis* (TEN.), *Ferula sulcata* DESF., *Torilis neglecta* ROEM. & SCH., *Rubia laevis* POIR., *Pulicaria odora* (L.) RCHB., *Asterolinum stellatum* (L.) HFFG. & LK., *Convolvulus Cantabrica* L., *Micromeria græca* (L.) BENTH., *M. nervosa* (DESF.) BENTH., *Prasium majus* L., *Ballota acuta* (MOENCH) MURB., *Teucrium pseudo-Chamaepitys* L., *T. Chamædryas* L., *Cytinus Hypocistis* L., *Iris juncea* POIR., *Ophrys Scolopax* CAV., *O. apifera* HUDS., *Andropogon hirtus* L., *Arrhenatherum elatius* (L.) M. & K. subsp. *A. erianthum* B. & R., *Cynosurus elegans* DESF., *C. aurasiacus* MURB., *C. echinatus* L., *Melica ciliata* L. subsp. *M. Magnolii* GR. & GODR., *Ampelodesmus mauritanicus* (POIR.), *Festuca coerulescens* DESF., *Brachypodium pinnatum* (L.) PB. subsp. *B. phoenicoides* (L.) R. & S. Plus dispersées sont les suivantes: *Alsine tenuifolia* (L.) CR. avec la sous-espèce *A. confertiflora* (GAY), *Ruta angustifolia* PERS., *Ononis ornithopodioides* L., *O. alba* POIR., *O. mollis* SAVI, *O. breviflora* DC., *Trifolium lappaceum* L., *T. stellatum* L., *T. scabrum* L., *Hippocrepis ciliata* WILLD., *Lathyrus Clymenum* L. subsp. *L. tenuifolius* DESF., *Scabiosa maritima* L., *Pyrethrum corymbosum* (L.) WILLD. subsp. *P. Achilleæ* (L.) DC., *Campanula Erinus* L., *Sideritis montana* L. subsp. *S. ebracteata* ASSO, *Anacamptis pyramidalis* (L.) RICH., *Orchis papilionacea* L., *Gastridium lendigerum* (L.) GAUD., *Echinaria capitata* (L.) DESF., *Aira Cupaniana* GUSS. — Là où les broussailles sont moins épaisses les espèces suivantes se présentent à côté des autres déjà nommées ou remplacent certaines d'entre elles: *Delphinium emarginatum* PRESL, *Silene nocturna* L., *S. tunetana* MURB., *Linum strictum* L., *L. lambesanum* BOISS. & REUT., *Lotus cytisoides* L. subsp. *L. collinus* (BOISS.) MURB., *Atractylis cancellata* L., *Crupina Crupinastrum* VIS., *Convolvulus siculus* L., *Echium calycinum* VIV., *Linaria rubrifolia* ROB. & CAST., *Phlomis crinita* CAV. subsp. *Ph. mauritanica* MUNBY, *Teucrium Polium* L., *Arum italicum* MILL., *Trisetum flavescens* (L.) PB., *Avena bromoides* GOUAN, *Cutandia divaricata* (DESF.) BATT. & TRAB., *Nardurus maritimus* L. Sur les rochers qui s'élèvent au-dessus des broussailles on trouve ça et là: *Dianthus Caryophyllus* L. subsp. *D. siculus* PRESL, *Ruta chalepensis* L., *Campanula dichotoma* L., *Euphorbia Bivone* STEUD. — Par contre, si les broussailles sont plus épaisses ou plus élevées et si le sol en même temps est moins sec et plus fertile, on rencontre souvent les espèces suivantes: *Geranium rotundifolium* L., *Pimpinella dichotoma* L. et *Rubia peregrina* L.; les rochers ombragés présentent en outre souvent: *Alchemilla floribunda* MURB., *Magydaris tomentosa* (DESF.) KOCH et *Myosotis tubuliflora* MURB.

Les pentes nues ont le caractère de champs arides et pierreux qui occupent presque entièrement le versant nord-ouest de la montagne mais qui ne se

rencontrent que par ci par là sur le versant opposé. Parmi les nombreuses plantes herbacées, annuelles et vivaces, qui avec de petits sous-arbrisseaux constituent leur végétation, il y en a assurément beaucoup qui se trouvent aussi dans les broussailles clairsemées, mais la flore se compose cependant en assez grande partie d'autres éléments, et spécialement d'espèces qui caractérisent les hauts plateaux nus de l'Algérie orientale et la région correspondante de la Tunisie. Au nombre de ces types plus ou moins xérophiles, qui d'ailleurs occupent en Tunisie une aire plus méridionale ou qui en tout cas sont moins fréquents plus au nord, il nous faut nommer: *Helianthemum semiglabrum* BAD. v. *africanum* MURB., *Argyrobium argenteum* (L.) WILLK., *Erinacea pungens* BOISS., *Astragalus numidicus* COSS. & DR., *Onobrychis venosa* (DESF.) DESV., *Bupleurum oligactis* BOISS., *Thapsia garganica* L., *Th. villosa* L., *Xeranthemum inapertum* (L.) WILLD. v. *Reboudianum* VERLOT, *Stipa tenacissima* L., *Piptatherum coerulescens* (DESF.) PB. Aucune de ces espèces ne forme des peuplements homogènes; cependant sur certains points les deux espèces de *Thapsia*, sur certains autres le *Stipa tenacissima* constituent un élément très frappant de la végétation. — D'autres espèces qui, bien que moins caractéristiques, se rencontrent cependant de préférence sur les pentes pierreuses dépourvues de broussailles, sont les suivantes: *Helianthemum lavandulifolium* (LAM.) DC., *Fumana Spachii* GR. & GODR., *Paronychia*, *Herniaria cinerea* DC., *Althæa hirsuta* L., *Fagonia cretica* L., *Trigonella monspeliaca* L., *Medicago rugosa* DESF. ap. LAM., *M. secundiflora* DR. ap. DUCH., *Trifolium Cherleri* L., *Sedum pubescens* VAHL, *Eryngium triquetrum* VAHL, *Carum mauritanicum* B. & R., *Crucianella angustifolia* L., *C. latifolia* L., *Galium corrudifolium* VILL., *Inula montana* L., *Cynara Cardunculus* L., *Onopordon platylepis* MURB., *Leuzea conifera* (L.) DC., *Echium italicum* L., *Salvia viridis* L., *Allium paniculatum* L. subsp. *A. tenuiflorum* TEN. — Là où le terrain est rocheux on rencontre parfois: *Coronilla pentaphylla* DESF., *Lathyrus setifolius* L., *Sedum album* L. subsp. *S. micranthum* BAST., *S. rubens* L., *Verbascum Boerhaviï* L. et *Ceterach officinarum* WILLD. — Là où le terrain au contraire est plus uni et le sol moins pierreux se forment des pâturages riches en herbes, dont la végétation contient, outre plusieurs espèces nommées précédemment, en particulier les suivantes: *Tunica compressa* (DESF.) F. & M., *Malope malacoides* L. subsp. *M. stellipilis* B. & R., *Linum gallicum* L., *Medicago sativa* L. subsp. *M. tunetana* MURB., *Trifolium subterraneum* L. *T. glomeratum* L., *Vicia onobrychioides* L., *Ervum pubescens* DC., *Lens nigricans* (M.-B.) GODR., *Eryngium campestre* L., *E. dichotomum* DESF., *Ammi majus* L., *Scilla peruviana* L. Il est digne de remarque que sur ces pâturages secs les cypéracées font complètement défaut et qu'aussi les graminées y jouent un rôle tout à fait secondaire. — Si le sol est riche en argile, comme sur les surfaces planes ou dans les faibles dépressions, on rencontre souvent: *Catananche lutea* L., *Cichorium pumilum* JACQ., *Convolvulus Cupanianus* TOD., *Cynoglossum cheirifolium* L. et *Solenanthes tubiflorus* MURB.

Comme il a été dit précédemment, les champs pierreux et stériles du côté nord-ouest de la montagne sont, ça et là, interrompus par des cultures arabes peu

importantes, consistant principalement en petits champs d'orge et de froment. On y rencontre, souvent en grande quantité, les espèces suivantes, qui peuvent ainsi être considérées comme les mauvaises herbes de la région: *Nigella arvensis* L., *N. damascena* L., *Geranium dissectum* L., *Lathyrus Aphaca* L., *Eryngium campestre* L., *Kundmannia sicula* (L.) DC., *Ridolfia segetum* MOR., *Turgenia latifolia* L., *Orlaya platycarpa* (L.) KOCH (rare), *Sherardia arvensis* L., *Fedia Cornu-copie* (L.) GÆRTN., *Borago officinalis* L., *Nonnea nigricans* (DESF.) DC., *Lithospermum arvense* L., *Linaria triphylla* (L.) DESF., *Veronica agrestis* L., *V. arvensis* L., *Polygonum aviculare* L., *Gladiolus segetum* GAWL., *G. byzantinus* MILL., *Allium roseum* L., *Cynodon dactylon* (L.) RICH., etc.

Sur les pentes des deux versants de la montagne se trouvent de nombreuses petites vallées et ravines creusées par les eaux, qui descendent des parties supérieures. Si ces eaux érosives ne proviennent pas de sources permanentes, mais seulement, comme c'est le cas en particulier sur le versant nord-ouest de la montagne, des précipitations accidentelles, le fond pierreux ou argileux-sablonneux des vallées est presque constamment à sec et souvent d'une chaleur brûlante. Le lit de ces oueds desséchés est peuplé principalement des espèces suivantes: *Sisymbrium runcinatum* LAG. ap. DC., *Psoralea bituminosa* L., *Astragalus epiglottis* L., *A. caprinus* L., *Galium setaceum* LAM., *G. parisiense* L., *Callipeltis Cucullaria* (L.) STEV. (rare), *Micropus bombycinus* LAG., *M. supinus* L., *Centaurea acaulis* L. subsp. *C. Balansæ* B. & R., *Antirrhinum Orontium* L. avec la sous-espèce *A. parviflorum* LGE., *Linaria simplex* DC., *Ajuga Chamæpitys* (L.) SCHREB., *Rumex bucephalophorus* L. v. *gallicus* STEINH., *Urtica pilulifera* L., *Iris Sisyrinchium* L., *Lolium rigidum* GAUD., *Aegilops ventricosa* TAUSCH, *Lepturus incurvatus* (L.) TRIN.

Je n'entrerai pas dans une analyse phytogéographique détaillée de la riche flore qui revêt les pentes du Dj. Bargou. On peut dire qu'elle est purement méditerranéenne et que, sur les parties broussailleuses-boisées, elle concorde avec celle du »Tell» algérien tandis que, sur les pentes nues, elle se rapproche de la flore des hauts plateaux de l'Algérie orientale. Une des espèces énumérées, le *Callipeltis Cucullaria*, n'a, il est vrai, pas été jusqu'ici observée en Tunisie au nord de la région subdésertique, mais elle est cependant assez répandue en Espagne, et sur le Dj. Bargou un seul individu de cette plante a été rencontré. — En ce qui concerne les espèces plus septentrionales qui croissent sur les pentes du Dj. Bargou, elles sont relativement très peu nombreuses. En effet, si l'on excepte certaines mauvaises herbes mentionnées plus haut, l'*Anacamptis pyramidalis* et le *Trisetum flavescens* sont les seules qui montent au nord jusqu'en Scandinavie.

La vallée de l'Oued Bargou. Cette vallée offre un grand intérêt au point de vue phytogéographique par sa richesse en espèces relativement septentrionales. Comme il a été dit précédemment, elle est située à une altitude de 400 à 600 mètres. Considérée dans son ensemble elle est assez étroite et parfois limitée par des parois rocheuses abruptes, mais ça et là le fond s'étend en surfaces planes formées d'alluvions, qui tantôt sont couvertes de bosquets d'arbres élevés, tantôt

ont le caractère de pâturages ou de véritables prairies. Le ruisseau qui parcourt la vallée, reçoit ses eaux de sources permanentes assez abondantes qui se trouvent au-dessus, sur le versant sud-est de la montagne, et jusqu'ici le ruisseau a eu de l'eau pendant tout le cours de l'année.

Les pâturages sont les lieux les moins humides, et par suite c'est à peine s'ils présentent quelques espèces véritablement septentrionales. Les éléments les plus caractéristiques de leur végétation sont les suivants: *Polygala monspeliacum* L., *Erodium malacoides* L'HÉRIT., *Caucalis leptophylla* L., *Carduus macrocephalus* DESF., *C. pycnocephalus* L., *Carthamus coeruleus* L. v. *tingitanus* (L.) BATT. & TRAB., *Thrinicia tuberosa* (L.) DC., *Scorzonera undulata* VAHL, *Andryala nigricans* POIR., *A. integrifolia* L., *Celsia cretica* L. fil., *Euphrasia viscosa* (L.) DC., *Salvia Verbenaca* L., *Stachys hirta* L. v. *virgata* BATT., *Aceras anthropophorum* (L.) R. BR., *Ophrys tenthredinifera* WILLD., *Briza maxima* L. — Déjà là où les pâturages, grâce à une humidité un peu plus grande, forment une transition avec les prairies ou sont un peu boisés, la situation est différente cependant. En de tels endroits on trouve aussi les espèces suivantes: *Delphinium* sp. indet., *Hypericum ciliatum* LAM., *Linum angustifolium* HUDS., *Senecio delphinifolius* VAHL, *Carduus pteracanthus* DR. v. *tunetanus* MURB., *Cirsium scabrum* POIR., *C. echinatum* (DESF.) DC., *Verbascum sinuatum* L., *Psilurus aristatus* (L.) LOR. & BARRAND., *Malva silvestris* L., *Stellaria apetala* UCRIA, *Sagina apetala* ARD., *Arenaria serpyllifolia* L. subsp. *A. leptocladus* (RCHB.) GUSS., *Hypericum perforatum* L., *Ornithogalum umbellatum* L., *Carex muricata* L. v. *Leersii* F. SCH. et *Poa bulbosa* L. Les huit dernières de ces espèces sont très répandues dans l'Europe moyenne, la plupart aussi dans le nord de l'Europe, et deux autres, le *Senecio delphinifolius* et le *Psilurus aristatus*, ont dans cette vallée leur point d'apparition le plus méridional en Tunisie.

Les peuplements d'arbres élevés se caractérisent avant tout par ce fait qu'ils sont essentiellement composés d'espèces à feuilles caduques. Telles sont: *Cratægus Azarolus* L., *Fraxinus angustifolia* VAHL, *Salix pedicellata* DESF., *Celtis australis* L., *Populus alba* L., *P. nigra* L., *Cratægus Oxyacantha* L. (coll.), *Ulmus campestris* L. Toutes ces espèces sont plus ou moins répandues dans les régions montagneuses de la Tunisie situées au nord de la Medjerda, mais font défaut ou sont très rares dans les autres parties du pays. Toutes se rencontrent en outre en Europe et les trois premières seulement sont, en Europe, limitées à la région méditerranéenne; les autres sont très répandues aussi dans les régions centrales, les deux dernières même dans les régions septentrionales de cette partie du monde. Mêlées à ces arbres et croissant à leur ombre, se présentent plus ou moins abondamment les espèces suivantes: *Melandrium macrocarpum* (BOISS.) WILLK., *Vitis vinifera* L., *Rosa sempervirens* L., *Specularia falcata* DC. cum forma *scabra* DC., *Cynoglossum pictum* AIT., *Urtica membranacea* POIR., *Smilax aspera* L., *Viola odorata* L., *Silene italica* PERS. (coll.), *Rosa canina* L. v. *dumalis* CRÉP., *Rubus discolor* W. & N., *Potentilla reptans* L., *Agrimonia Eupatoria* L., *Conium maculatum* L., *Torilis infesta* (L.) HOFFM. var., *Ballota nigra* L., *Brachypodium pinnatum* (L.) PB. Ces

espèces se retrouvent également en Europe, et en Tunisie elles se rencontrent exclusivement ou de préférence sur les points situés plus au nord. Les sept dernières seulement peuvent être considérées comme limitées à la région de la Méditerranée, toutes les autres occupent un vaste territoire aussi dans l'Europe moyenne et même dans l'Europe septentrionale. — Parmi les rochers humides ou ombragés par les arbres on rencontre *Oxalis corniculata* L., *Umbilicus pendulinus* DC., *Smyrniololus Olusatrum* L., *Acanthus mollis* L. subsp. *A. platyphyllus* MURB., *Carex longisetata* BROU., *Selaginella denticulata* (L.) LK., *Parietaria diffusa* M. & K., *Carex Halleriana* ASSO., *Polypodium vulgare* L., *Asplenium Trichomanes* L., *A. Adiantum-nigrum* L., espèces qui se retrouvent toutes en Europe et dont les cinq dernières au moins dépassent de beaucoup la région méditerranéenne.

Les prés humides sont caractérisés par les espèces suivantes: *Ranunculus macrophyllus* DESF., *Chlora grandiflora* VIV. v. *hibernans* MURB., *Trixago versicolor* (LAM.) WEBB & BERTH., *Carex glauca* SCOP. subsp. *C. serrulata* BIV., *Cyperus longus* L. subsp. *C. badius* DESF., *Lythrum Hyssopifolia* L., *Rumex pulcher* L., *Carex divisa* HUDS., *Cerastium glomeratum* THUILL. cum f. *apetala* (DUM.), *Lotus uliginosus* SCHK., *Rumex conglomeratus* MURB., *Juncus glaucus* EHRH., *Carex distans* L., *Glyceria plicata* FR., *Poa trivialis* L. Aucune de ces espèces ne manque en Europe, et il n'y en a qu'un tiers (les cinq premières) qui y soit limité aux pays de la Méditerranée; toutes les autres se rencontrent également dans l'Europe moyenne, les sept dernières même jusque dans l'Europe du nord.

Les eaux et les bords des eaux de l'oued sont habités par les espèces suivantes: *Ranunculus muricatus* L., *Frankenia pulverulenta* L., *Lythrum Graefferi* TEN., *Serophularia auriculata* L., *Theligonum Cynocrambe* L., *Agrostis verticillata* VILL., *Poa exilis* (TOMMAS.) MURB., *Helosciadium nodiflorum* (L.) KOCH, *Mentha rotundifolia* L., *M. Pulegium* L., *Juncus sphaerocarpus* NEES, *Adiantum Capillus-Veneris* L., *Equisetum ramosissimum* DESF., *Ranunculus aquatilis* L. (coll.), *Epilobium hirsutum* L., *E. parviflorum* SCHREB., *E. adnatum* GRISEB., *Samolus Valerandi* L., *Veronica Anagallis* L., *Juncus bufonius* L., *Potamogeton lucens* L., *Poa annua* L., *Equisetum maximum* LAM. Toutes ces espèces se retrouvent en Europe, et les 7 premières seulement y sont méditerranéennes; les 16 autres se présentent également dans l'Europe moyenne et les 10 dernières y montent au nord jusqu'en Scandinavie. Deux des espèces énumérées, l'*Epilobium adnatum* et l'*Equisetum maximum*, ont dans la vallée de l'Oued Bargou leur point d'apparition le plus méridional en Tunisie, et deux autres, à savoir le *Juncus sphaerocarpus* et le *Potamogeton lucens*, n'ont pas été rencontrées ailleurs sur le domaine tunisien.

La plus grande partie des espèces que le Djebel Bargou a en commun avec les régions montagneuses plus septentrionales de la Tunisie ainsi qu'avec le centre et le nord de l'Europe sont donc stationnées non dans les parties les plus élevées de la montagne mais dans le fond de la vallée qui la limite au sud-est. Ce fait que des

types de l'Europe boréale relativement si nombreux aient pu y exister, est évidemment dû uniquement à l'humidité suffisante qui leur y a été offerte pendant toute la durée de l'année. Comme il a été dit plus haut, des modifications de la plus grande importance pour la composition de la flore de cette partie du massif ont déjà cependant dû s'y produire, et l'aperçu que nous venons d'en donner aura peut-être pour cette raison une certaine valeur au point de vue historique.

II.

DESCRIPTIONS D'ESPÈCES NOUVELLES,
NOTES CRITIQUES ET PHYTOGÉOGRAPHIQUES,
ETC.

Phanerogamæ¹⁾.

Dicotyledoneæ.

Ranunculaceæ.

Ceratocephalus incurvus STEVEN in Bull. soc. d. nat. de Mosc., I sér., 21: 2 p. 269 (1848). — *C. furfuraceus* POMEL Nouv. mat. p. 248 (1874).

Cette espèce, sur laquelle j'ai appelé l'attention dans mes Contrib. Tun. I pp. 2—3, est représentée dans l'Herbier COSSON par des exemplaires récoltés dans les stations algériennes suivantes. Prov. d'Oran: Lieux cultivés à Timetlas sur le haut-plateau (COSSON 1852); Naama et sommet du Col de Founassa (BONNET & MAURY 1888); Chemin de Tiaret (CLARY 1888); El-Aricha au sud de Sebdou (COSSON 1856). Prov. d'Alger: entre Boghar et Laghouat (GESLIN 1854). — Elle habite d'ailleurs aussi le Maroc: dans l'Herbier COSSON j'ai vu des exemplaires récoltés par SEIGNETTE entre la Sebkhâ Tigri et Aïn Chaïr (Expéd. de l'Oued GUIR, 1870).

Delphinium emarginatum PRESL Delic. Prag. p. 6 (1822); MURB. Contrib. Tun. I p. 3 (1897). — *Tun.*: Bir Souïssi, Dj. Jedidi et Aïn Saboun à l'ouest de Hammamet; Dj. Guelatoui, Aïn Bou Saadia, Dret Bahirine etc., dans le massif du Dj. Bargou. — 10—800 m.

Dans ma publication citée ci-dessus j'ai indiqué les caractères qui différencient cette plante du *D. pentagynum* LAM., avec lequel elle avait été confondue jusque-là dans le Nord-Afrique; en même temps je croyais pouvoir constater que ces deux espèces étaient distinctes aussi au point de vue topographique; en effet, d'après les matériaux du Muséum de Paris, le *D. emarginatum* paraissait être confiné à la Sicile, la Tunisie et la province limitrophe de l'Algérie, tandis que le *D. pentagynum* semblait occuper une aire plus occidentale, à savoir le Portugal, l'Espagne, le Maroc et, en Algérie, seulement les provinces d'Oran et d'Alger. L'étude des très riches matériaux de l'Herbier COSSON a pleinement confirmé cette opinion, la station la plus occidentale, d'où j'y ai vu des spécimens du *D. emarginatum* étant La Calle,

¹⁾ Les collections que j'ai consultées étant rangées d'après le système de DE CANDOLLE c'est uniquement pour faciliter mon travail que j'ai adopté ici cette même classification.

en Algérie, et le point le plus oriental, d'où ces collections renferment des exemplaires déterminables de l'autre espèce étant Aumale, dans la province d'Alger.

D. silvaticum POMEL Nouv. mat. p. 382 (1875). — Paraît être assez répandu dans le nord-ouest de la Tunisie. A la station tunisienne déjà connue (MURB. Contrib. Tun. I p. 3) sont à ajouter: Oued Hiroug (GARDETTE 1887); El-Fedja (SÉDILLOT 1886); Aïn-Draham (ROBERT 1885); Fedj El-Saha (MISS. 1883); Henchir Skira.

Le *D. silvaticum* se distingue du *D. emarginatum* non seulement par les caractères que j'ai indiqués l. c. p. 4, mais encore par son indument velu-glanduleux et par ses feuilles à lanières beaucoup plus larges.

Fumariaceæ.

Fumaria numidica COSS. & DR. in Bull. soc. bot. Fr. II p. 306 (1855). — Tous les exemplaires tunisiens recueillis par moi en 1896 appartiennent à la forme typique de l'espèce (Var. *α. numidica* COSS. Comp. fl. atl. II p. 82). M. HAUSSKNECHT, qui avait eu l'obligeance de déterminer les Fumariacées apportées par moi cette même année, avait désigné certains échantillons provenant du Dyr-el-Kef comme représentant la variété *β. longipes* COSS.; un examen attentif des matériaux de l'Herbier COSSON a montré cependant que M. HAUSSKNECHT s'est trompé, et que la variété *longipes* COSS. n'a pas encore été trouvée en Tunisie.

F. densiflora DC. Cat. monsp. p. 113 (1813), p. p.; COSS. Comp. fl. atl. II p. 85. — *Tun.*: Bir Souïssi, à l'ouest de Hammamet, c. 30 m.

Cruciferæ.

Arabis tunetana. — Nova spec. — Planta fere semper perennis, 2—4 dm. alta. Caules nunc solitarii, nunc e caudice breviter ramoso et reliquiis foliorum emortuorum vestito duo vel tres, erecti, firmi, glaberrimi vel sæpius basin versus pilis patentibus aliis simplicibus aliis bifurcatis parce hirsuti. Folia basalia sat numerosa, rosulata, oblongo-spathulata vel oblonga, in petiolum angustata, grosse obtuso-dentata, 4—8 cm. longa, 1—2 cm. lata, utrimque vel saltem margine pilis ramosis obsita; folia caulina parum numerosa, vulgo 5—8, sessilia, basi subrotundata, inferiora oblonga, parce et acute dentata, superiora subito diminuta oblongo-lanceolata vel oblongo-linearia, paucidentata vel subintegerrima, omnia margine sparse ciliata, ceterum glaberrima vel subglabra. Racemus rectus, denique elongatus et tunc foliatam caulis partem æquans vel paulo longior. Pedicelli jam sub anthesi calyce sesqui- vel duplo longiores, fructiferi 5—8 mm., infimi usque ad 10 mm. longi, omnes erecti, firmi, sed siliqua matura duplo vel triplo tenuiores. Sepala late oblonga, albo-marginata, superne

obsolete adpresso-puberula et apice pilis raris longioribus plerumque munita, lateralia basi non vel vix saccata. Petala oblongo-cuneata, calycem duplo vel plus duplo superantia, 8—9,5 mm. longa, alba; limbus erectus vel suberectus, 2—2,5 mm. latus. Siliquæ sat approximatae, rarius remotiusculæ, erectæ, interdum leviter tortæ, semper glaberrimæ, subnitidæ, torulosæ, compressæ, 4,5—6,5 cm. longæ, 1,8 mm. latæ, margine utroque subincrassatæ, apice subito contractæ; valvarum nervus medius prominulus, venæ laterales minus distinctæ. Semina valde applanata, marginato-alata, elliptico-quadrangularia, 1,8—2 mm. longa, 1,5 mm. lata, brunnea. — Floret & fructif. Majo, Junio.

Syn.: *Arabis pubescens* Var. β *longisiliqua* COSS. Compend. fl. atl., vol. II, p. 123 (1887); BONNET & BARRATTE Cat. rais. Tun., p. 15 (1896).

Arabis ? *longisiliqua* MURB. Contrib. Tun. I, p. 6 (1897); non PRESL Delic. Prag. I, p. 16 (1822).

Icon.: Tabula nostra I figg. 1—6.

Aire géographique. Région montagneuse de la Tunisie, au sud de la Medjerda. Les stations connues jusqu'ici sont les suivantes: Pentes herbeuses du Dj. Zaghouan (Miss. bot. 1883); fentes des rochers au sommet du Dj. Bargou (MURB. ²³/₅ & ²⁶/₅ 1903); ravins et pentes broussailleuses du Dj. Serdj (MURB. ⁹/₆ 1896, ³⁰/₅ 1903). 800—1200 m.

La plante que je viens de décrire a été identifiée, par COSSON (l. c.), avec l'*Arabis longisiliqua* PRESL de Sicile et rattachée comme variété à l'*A. pubescens* (DESF.) POIR., espèce répandue dans le nord-ouest de l'Afrique. Dans mes Contributions Tun. I (p. 6) j'ai montré, cependant, que la plante diffère, à plusieurs points de vue, si considérablement de l'*A. pubescens*, qu'on est obligé de l'en séparer spécifiquement. Ainsi les pédicelles fructifères sont plus longs et beaucoup plus grêles que dans ce dernier, les fleurs bien plus grandes, les siliques plus comprimées, plus longues et complètement glabres (dans l'*A. pubescens*, elles sont couvertes de poils étoilés abondants).

Dans la même publication j'ai mis en doute, si c'était avec raison qu'on avait identifié la plante de Tunisie avec celle de Sicile, et l'examen ultérieur que j'ai pu faire sur des matériaux plus riches a montré, en effet, qu'elles sont à considérer comme deux espèces distinctes, quoique bien voisines l'une de l'autre. — Les exemplaires siciliens dont j'ai pu disposer proviennent de Monte Cuccio [HUET DU PAVILLON (Pl. siculæ, absque n:o)], de Palerme, etc. [leg. GASPARRINI, etc.].

Je donnerai ici un aperçu des caractères différentiels des deux espèces:

A. tunetana MURB.

Pédicelles florifères de moitié ou du double plus longs que le calice; pédicelles fructifères longs de 5,5 à 10 mm., minces.

A. longisiliqua PRESL.

Pédicelles florifères de la même longueur que le calice; pédicelles fructifères longs de 3 à 5 mm., épaissis.

Sépales ovales-oblongs, larges de 1,5 mm.

Pétales longs de 8 à 9,5 mm., dépassant deux fois la longueur du calice.

Siliques larges de 1,8 mm. et de 2 à 3 fois plus larges que les pédicelles.

Graines de 1,8 à 2 mm. de longueur sur 1,5 mm. de largeur, fortement ailées sur le bord.

Sépales oblongs, larges de 1 à 1,3 mm.

Pétales longs de 5,5 à 6,5 mm., dépassant le calice d'un tiers seulement de leur longueur.

Siliques larges de 1,3 mm. et à peine plus larges que les pédicelles.

Graines de 1 à 1,2 mm. de longueur sur 0,8 mm. de largeur, étroitement ailées sur le bord.

Par ses pédoncules grêles et assez longs, l'*A. tunetana* rappelle à l'état fructifère les *A. muralis* BERTOL. et *A. collina* TEN.; toutefois, c'est avec l'*A. longisiliqua* PRESL qu'il présente le plus d'affinités.

Diplotaxis simplex [VIV. Fl. libycæ specimen, p. 36 tab. XVI fig. 2 (1824), sub *Sisymbrio*] SPRENG. Syst. veget. II p. 914 (1825); DURAND & BARRATTE Fl. lib. prodr. p. 16 tab. I (1905). — *D. virgata* Subsp. *D. syrtica* MURB. Contrib. Tun. I p. 8 tab. I figg. 1—3 (1897). — *Tun.*: Plantations d'oliviers à Hammamet, abondant (MURB.); Sousse (MURB.); Oued Magroun (LETOURN. 1886); Oued Ferd prope Ketenna et Sidi-Salem-bou-Guerrara (LETOURN. 1884).

Brassica amplexicaulis [DESF. Fl. atl. II p. 81 tab. 153 (1800), sub *Sisymbrio*] COSS. Comp. fl. atl. I p. 193 (1887). — *Tun.*: Pont du Fahs; entre Maktar et Souk-el-Djema. — 50—900 m.

Alyssum campestre L. Sp. pl. ed. II p. 909 (1763). — *Tun.*: Dj. Jedidi, à l'ouest de Hammamet, c. 120 m.

Erophila verna [L. Sp. pl. ed. I p. 642 (1753), sub *Draba*] E. MEY. Preuss. Pflanzengatt. p. 179 (1839). — *Tun.*: Sommet du Dj. Bargou; la crête du Dj. Serdj. 1100—1350 m.

Succowia balearica [L. Mantissa p. 429 (1771), sub *Bunias*] MEDIC. Pflanzengatt. I p. 65 (1792). — *Tun.*: Sur la crête du Dj. Jedidi, à l'ouest de Hammamet, c. 140 m.

Espèce nouvelle pour la flore de Tunisie.

Iberis Balansæ JORD. Diagn. d'esp. nouv. I p. 274 (1864).

Var. **brevicaulis**. Nov. var. — A typo (Exs.: BALANSA Pl. d'Algérie 1853 n. 889; CHOULETTE Fragm. fl. alg. exs. n. 10) differt caulibus humilioribus, 5—15 cm. altis, basi magis decumbentibus, foliis plerumque brevioribus, caulinis margine semper dense ciliatis, floribus albis vel minus intense roseo-violaceis.

Aire géographique. *Tunisie*: La crête du Dj. Serdj, 1250—1350 m. (MURB. 1896, 1903). — *Algérie*. Prov. de Const.: Dj. Toumour et Dj. Cheliah dans les Monts Aurès (COSS. 1853).

Dans mes Contrib. Tun. (I p. 11) j'ai identifié cette plante, dont je n'avais rencontré en 1896 que des exemplaires sans fruit, avec une espèce de Sicile, à savoir l'*Iberis Pruitii* TINEO Fl. sic. pug. I p. 11 (1817) [HUT., PORTA & RIGO Ex itin. ital. n. 243; HUET DU PAVILLON Pl. sic.; HELDR. Nebrod.]. Elle s'en distingue cependant nettement par ses feuilles caulinaires abondamment ciliées sur les bords et surtout par ses silicules bien plus petites.

Hutchinsia petræa [L. Sp. pl. ed. I p. 644 (1753), sub *Lepidio*] R. BR. Hort. kew. ed. II vol. IV p. 82 (1812). — *Tun.*: La crête du Dj. Serdj, 1200—1350 m.

Capparidaceæ.

Cleome amblyocarpa BARRATTE & MURBECK. — Nova spec. — Planta annua vel induratione perennans, uni- vel pluricaulis, 2—9 dm. alta, omnibus partibus glandulis breviter stipitatis dense obsita, viscosa, foetidissima. Caules erecti, stricti, dense foliati, simplices vel inferne ramosi ibique sublignosi. Folia petiolata, versus apicem caulis sensim decrescentia, fere omnia trifoliolata, floralium suprema tantum interdum simplicia; foliola oblongo-linearum, breviter petiolulata. Racemi terminales, multiflori, denique valde elongati, per totam longitudinem foliati. Pedicelli 5—10 mm. longi, jam paulo post anthesin recurvati. Sepala ovato-triangularia, 1,5—2 mm. longa, acutiuscula. Petala calycem vix duplo superantia, initio flavida, purpureo-marginata, mox tota atro-purpurea, duo superiora paulo majora; limbus ab ungue subduplo brevior distinctissimus, petalorum superiorum orbicularis subpalmivenius, inferiorum late ovatus vel ovato-orbicularis. Torus haud elongatus. Stamina 6, duo anteriora corollam paulum superantia, cetera conspicue breviora; filamenta sursum curvata, tenuia; antheræ atro-sanguineæ. Capsulæ sessiles, pendulæ, oblongo-cylindricæ, a lateribus non vel vix compressæ, 2—3,2 cm. longæ, 4,5—6,5 mm. latæ, glanduloso-viscosæ, apice subito constrictæ ibique stylo brevissimo mucronatæ; valvarum facies interna nitida, subnervia vel nervis raris obsoletis parum ramosis non vel vix anastomosantibus prædita. Semina sphaerica, diametro 1,8—2 mm., dense villosa-velutina; villi unicellulares, tæniatæ, diametro seminis quadruplo breviores. — Flor. & fructif. Januario—Majo.

Icon.: Tabula nostra II figg. 1—4.

Aire géographique. Région désertique du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie. La plante a été trouvée jusqu'ici sur les points suivants. *Maroc*: Oasis d'Akka (plusieurs indiv. récoltés par le rabbin MARDOCHÉE en mars 1872 et en 1873 [Hb. COSS.]). — *Algérie*. Prov. d'Alger: Guerrara, autour de Beni Isguen dans l'Oued Mzab (leg. ? 11 janvier 1857 [Hb. COSS.]). Prov. de Const.: Lit d'un oued

desséché près de Beni Mora entre Biskra et Hammam Salahin (MURB. 15 avril 1903). — *Tunisie*: Dj. Hattig (17 mai, Miss. bot. 1884 [Hb. Mus. Par.]).

L'espèce de *Cleome* que nous venons de décrire doit être assez répandue dans la partie occidentale du Sahara. Le fait qu'elle n'a été recueillie jusqu'ici que sur quelques points isolés n'est certainement pas dû simplement à la rareté de la plante, mais, en partie du moins, à la grande analogie de port qu'elle présente avec le *Cleome arabica* L., espèce qui abonde dans presque toute la région saharienne. Les vraies affinités du *C. amblyocarpa* sont d'ailleurs justement avec cette dernière espèce; quant à la corolle, le fruit et les graines, il existe cependant toute une série de différences essentielles entre l'espèce de LINNÉ et la nôtre, comme le montrent nos figures et l'aperçu comparé donné ci-dessous.

C. amblyocarpa BARR. & MURB.

Pétales vers la fin de l'anthèse entièrement pourpres noirs; limbe des pétales supérieurs orbiculaire, presque palmatinervié.

Capsules subcylindriques, brusquement rétrécies et presque tronquées-arrondies au sommet; face intérieure des valves sans nervation visible ou seulement quelques rares nervures peu ramifiées et sans anastomoses entre elles.

Graines de 1,4 à 1,6 mm. de diamètre, velues; leurs poils 4 fois plus courts que le diamètre de la graine.

C. arabica L.

Pétales même après l'anthèse pourpres noirs au bout seulement, pour le reste jaunâtres; limbe des pétales supérieurs oblong, pennatinervié.

Capsules comprimées latéralement, assez longuement atténuées au sommet; face intérieure des valves à nervures saillantes, nombreuses et très anastomosées, formant un réseau compliqué toujours très distinct.

Graines de 1,8 à 2 mm. de diamètre, laineuses; leurs poils presque aussi longs que le diamètre de la graine.

Resedaceæ.

Reseda luteola L. Sp. pl. ed. I p. 448 (1753).

Forma foeminea. — *Tun.*: Aïn Draham, c. 1000 m. — Sur les pentes du Dj. Bir, près d'Aïn Draham, j'ai recueilli un exemplaire du *R. luteola* qui au premier abord ne présentait rien de remarquable, mais qui, soumis à un examen plus attentif, s'est montré dépourvu d'étamines dans toutes les fleurs. A l'état sec il n'était même pas possible de découvrir de rudiments de ces organes. Une forme pareille ne paraît pas être mentionnée ni dans les flores d'Europe ni dans les travaux qui traitent de la biologie de la fleur. Dans la flore de l'Algérie (p. 87) cependant, M. BATTANDIER caractérise le »*R. luteola* β *australis* MÜLLER», qu'il signale à »Alger» et au »Maroc», dans les termes suivants: »plante polygame, gyno-dioïque». Le gyno-dioecisme n'est nullement un caractère propre à la variété *australis*; aussi cette particularité n'est mentionnée par MÜLLER ni dans sa Monographie de la famille des Résédacées (Zürich 1857) ni dans le Prodrome de DE

CANDOLLE. Toutefois, il ressort de l'indication de BATTANDIER qu'une forme féminine du *Reseda Luteola* a été rencontrée soit à Alger soit quelque part au Maroc. — Il m'a été impossible de trancher la question de savoir, si l'exemplaire tunisien doit être rattaché à une des formes décrites par MÜLLER, et, dans ce cas, à laquelle. Les pétales sont beaucoup plus petits que dans la var. *australis*, plus petits même que dans la var. *vulgaris*, mais cela peut évidemment être quelque chose de tout à fait individuel et dépendre de ce que les organes femelles sont avortés.

Cistaceæ.

Cistus salvifolius L. Sp. pl. ed. I p. 524 (1753). — *Tun.*: Dj. Serdj. — 100—1100 m.

Helianthemum guttatum [L. Sp. pl. ed. I p. 526 (1753), sub Cisto] MILL. Dict. n. 18.

Subsp. *H. lipopetalum* MURB. Contrib. Tun. I p. 13 tab. I figg. 4, 5 (1897). — Retrouvé sur plusieurs points entre Maktar et l'Oued Ousafa. La plante n'habite pas le calcaire, comme je l'ai indiqué l. c., mais de petites crêtes de grès et des îlots de sable, qui se trouvent ça et là sur le terrain calcaire.

H. lavandulifolium [LAM. Enc. méth., bot., II p. 25 (1786), sub Cisto] DC. Fl. fr. tom. IV p. 820 (1805). — *Tun.*: Hammamet; Dj. Bargou. — 10—800 m.

Fumana lævipes [L. Amoen. acad. IV p. 275 (1759), sub Cisto] SPACH in Ann. sc. nat. VI p. 359. — *Tun.*: Bir Souïssi à l'ouest de Hammamet, c. 50 m.

F. Spachii GREN. & GODR. Fl. de Fr. I p. 174 (1848). — *Tun.*: Dj. El Golea pr. Hammamet; Dj. Bargou. 100—700 m.

Violaceæ.

Viola odorata L. Sp. pl. ed. I p. 934 (1753). — Exs.: NEUM., WAHLST., MURB. Violæ Suec. exs. n. 35 a & b, 36.

Dans mes Contrib. Tun. (I p. 25) j'ai montré que le *V. odorata* de Tunisie appartient en partie au *V. Dehnhardtii* TEN. inconnu jusque-là en Afrique, mais en même temps j'ai fait remarquer que, faute de matériaux, il n'était pas possible de trancher la question de savoir si le vrai *V. odorata* L. existait aussi en Tunisie. En 1903, j'avais l'occasion d'étudier la violette signalée par LETOURNEUX au Dj. Bargou, et j'ai reconnu que cette plante, qui abonde dans la vallée de l'Oued Bargou entre Bou Tissa et Aïn Bou Saadia, représente réellement le *V. odorata* de LINNÉ.

V. hirta L. Sp. pl. ed. I p. 934 (1753). — Exs.: NEUM., WAHLST., MURB. Violæ Suec. exs. n. 37 & 38.

Cette espèce doit être exclue de la flore du nord-ouest de l'Afrique. C'est d'après une indication de M. COSSON que BATTANDIER & TRABUT l'ont inscrite dans leur Flore de l'Algérie (I p. 103). L'échantillon sur lequel est basée, sans aucun doute, cette indication [»*Viola hirta* L. ? Hauts-Plateaux de l'Algérie, COSSON» (Herb. Coss.)] ne permet guère une détermination exacte, mais en tout cas il ne peut pas être rapporté au *Viola hirta* L.

V. silvestris LAM. Fl. fr. II p. 680 (1805); REICHB. Pl. crit., cent. I p. 80 (1823). — Exs.: NEUM., WAHLST., MURB. *Violæ Suec. exc. n. 8.*

Le *Viola silvestris*, qui dans le Catal. rais. Tun., p. 16, est indiqué assez répandu dans la Kroumirie, doit, jusqu'à nouvel avis, être exclu de la flore tunisienne, puisque les exemplaires de toutes les stations indiquées appartiennent en réalité à l'espèce suivante. Toutefois, il n'est pas invraisemblable qu'il sera trouvé un jour sur le sol tunisien, puisqu'il existe dans la partie orientale de l'Algérie. Dans l'Herbier COSSON j'en ai vu, en effet, des spécimens recueillis dans les stations suivantes. Prov. de Constantine: Si-Rehan près Bougie (Coss. 1861); campement au bord de l'Oued Mecid à Amsilen, tribu des Beni Foughal (Coss. 1861); bois à l'Oued Abaïch près Collo (Coss. 1861).

V. Riviniana REICHB. *Plantæ crit.*, cent. I, p. 81 (1823). — Exs.: NEUM., WAHLST., MURB. *Violæ Suec. exc. n. 11.*

Cette espèce, qui dans le Nord-Afrique n'a pas été distinguée jusqu'ici du *V. silvestris*, se trouve dans la région montagneuse du nord-est de l'Algérie (Petite Kabylie) et dans la partie limitrophe de la Tunisie (Kroumirie). J'en ai vu des spécimens recueillis dans les localités suivantes. *Alg.*: Prov. de Const.: Edough, près de Bône (REBOUD Soc. dauph. 1881 n. 700 bis); Edough, pont de l'aqueduc romain (LETOURN.); Dj. Edough, Fedj Makta (LETOURN.); Aït Daoud, ad fontes (LETOURN. 1869). — *Tun.*: In quercetis Dj. Ghorra (LETOURN. 1886); env. d'Aïn Draham au pied du Dj. Bir (ROBERT 1885, Miss. bot. 1883, MURB. 1903); Oued Barla et vallée de l'Oued Maramel, massif forestier d'El-Fedja (Miss. bot. 1888); Fiout Fathma (Miss. bot. 1888).

Polygalaceæ.

Polygala monspeliacum L. Sp. pl. ed. I p. 702 (1753). — *Tun.*: Dj. Bargou; El Kef; Maktar. 500—900 m.

P. rupestre POURR. in Mém. acad. Toul. III p. 325 (1788).

Var. **saxatile** [DESF. Fl. atl. II p. 128 tab. 175 (1800), pro sp.] MURB. Contrib. Tun. I p. 26 (1897). — *Tun.*: Massif du Dj. Bargou; Dj. Serdj. 500—1200 m.

Silenaceæ.

Silene colorata POIR. Voy. en Barb. II p. 163 (1789).

Var. **monticola**. — Nova var. — Caulis sat robustus, sed plerumque humilis (1—3 dm. altus), erectus, simplex vel a basi ramosus, ramis adscendenti-erectis. Folia spathulata, haud carnosa. Flores magni, approximati. Calyx inter nervos pube brevi adpressa obsitus et ad nervos pilis longis confervoides dense vestitus; fructifer magnus, obovati-clavatus. Corolla intense rosea, lobis petalorum late cuneato-oblongis. Semina diametro 1,8 mm. — Flor. & fructif. Majo, Jun.

Aire géographique. Montagnes de la Tunisie centrale: Dj. Bargou (MURB.); Dj. Serdj (MURB.); Camp de Souk-el-Djema (Miss. bot. 1883); Guelaat Es-Snam (LETOURN. 1884).

Comparée avec les autres formes décrites jusqu'ici du *Silene colorata*, la variété *monticola* est caractérisée entre autres par ses grandes graines. Par cela, comme par l'ensemble des caractères, elle se rapproche surtout de la variété *distachya* [BROT. Fl. lusit. II p. 189 (1804), pro sp.] ROHRB. Monogr. Sil. p. 115 (1868) (Exs.: BAL. Pl. d'Alg. n. 183 & 366; MUNBY Pl. alg. cent. II 1851 n. 82), dont elle diffère cependant par sa taille moindre, ses feuilles à limbe plus large, ses cymes plus denses, ses graines encore un peu plus grandes, et surtout par le fait que le calice n'est pas glabre entre les nervures, mais pourvu d'une pubescence fine et serrée.

La variété *distachya* (BROT.) ROHRB. [= *S. bipartita* var. β . *lasiocalyx* SOY.-WILLM. & GODR. Monogr. Sil. d'Alg. p. 26 (1851)], qui conformément aux indications des monographes habite les parties occidentales de l'Algérie, n'a pas encore été rencontrée en Tunisie. Dans le Catal. rais. Tun. (p. 53), elle est indiquée, il est vrai, sur quatre points différents situés d'une part dans le nord et d'autre part dans le sud du pays, mais les exemplaires appartiennent à d'autres formes, les uns (El-Haouiria; entre Tonnara et Zaouïet-el-Mgaïz) à la variété *crassifolia* MORIS Fl. sard., qui n'était pas encore signalée en Tunisie, les autres à la sous-espèce *S. Oliveriana* OTTH in DC. Prodr.

S. glauca POURR. in Elench. hort. Madrit. (1803); ROHRB. Monogr. Silene p. 117 (1868).

Cette espèce, qui d'après le Catal. rais. Tun. (p. 54) aurait été trouvée dans plusieurs localités en Tunisie, doit être exclue de la flore de ce pays. Tous les exemplaires appartiennent, en effet, au *S. colorata*, certains d'entre eux à la var. *monticola* décrite ci-dessus. — Par ses bractées étroites et allongées, ses graines encore plus grandes, etc., le *S. glauca* POURR. constitue une espèce nettement distincte du *S. colorata* POIR. (Cf. BARRATTE, l. c.).

S. nicæensis ALL. Fl. pedem. II p. 81 tab. 44 fig. 2 (1785); MURB. Contrib. Tun. I p. 29 tab. I figg. 6—8 (1897).

J'ai démontré, l. c., que les auteurs qui après DESFONTAINES ont traité du domaine de la flore Atlantique avaient compris sous le nom de *Silene nicæensis* aussi le *S. arenarioides* DESF., espèce nettement distincte de celle d'ALLIONI, et j'ai fait remarquer que la première de ces deux plantes est localisée en Afrique sur les

côtes de la mer et qu'en Tunisie elle n'avait été trouvée que sur un petit nombre de points. Aux stations tunisiennes citées par moi sont à ajouter les suivantes, situées elles aussi sur les côtes de la mer: La Marsa (BARRATTE 1888); Hammamet (MURB. 1903). — Pour le *S. arenarioides* voir plus bas.

S. Barrattei. — Nova spec., e sectione *Dichasiosilene* ROHRE. — Planta perennis. Radix cylindræa, valida, sæpius crassitudine pennæ anserinæ et ultra, in arenam profunde descendens. Caules e caudice ramoso sublignoso plus minus numerosi, diffusi, interdum cæspitem magnam formantes, 2—5 dm. longi, rigidiusculi, subsimplices vel ramos nonnullos elongatos emittentes, inferne dense foliati et in axillis foliis fasciculatis instructi, ceterum per totam longitudinem pilis brevissimis recurvis 1—3-cellularibus dense puberuli nec non glandulis breviter stipitatis viscosi. Folia linearia vel oblongo-linearia, 1—3 cm. longa, 1,5—5 mm. lata, erecto-patula vel recurvo-patentia, undique pilis brevissimis pro maxima parte glanduligeris dense viscoso-puberula, modo basin versus margine pilis longioribus ciliata. Inflorescentia racemiformis, dichasii ramus alter nempe ad quamque dichotomiam valde abbreviatus et depauperatus, sæpissime uniflorus, in summa inflorescentiæ parte haud raro rudimentaris. Bracteæ viscoso-puberulæ, basin versus margine ciliatæ, inferiores lanceolatæ, superiores lanceolato-triangulares. Pedunculi fructiferi erecti, floris primarii calyce plerumque longiores, ceteri calyce paulo vel subduplo breviores. Calyx tubulosus, 11—14 mm. longus, pilis brevibus dense viscoso-puberulus, striis 10 viridi-purpureis superne anastomosantibus ornatus, fructifèr clavatus, basi truncatus vel leviter umbilicatus, ore non contractus; dentes obtusi, ovati vel maturo fructu ovato-triangulares, margine scarioso dense ciliolati. Carpophorum brevissime velutino-puberulum, capsula sesquies ad subduplo brevius. Corolla 12—16 mm. diametro; petalorum limbi margine sese vix tegentes, die involuti, sub vespere (a V:ta hora p. m.) et per noctem expansi, supra pallide rosei, subtus olivaceo-lividi, incisura profunda bipartiti, lobis oblongo-linearibus; unguis exserti, exauriculati; appendices bilobatæ, albæ, in tubum 1—1,5 mm. altum cohærentes. Filamenta glaberrima. Capsula ovoideo-oblonga, calycem non vel parum superans, fere usque ad apicem 3-locularis, dentibus 6 erecto-patulis dehiscens. Semina reniformi-orbicularia, diametro 0,8 mm., dilute griseo-fulva, etiam sub lente lævia, subnitida, faciebus paululum convexa, dorso anguste canaliculata. — Flor. & fructif. Apr., Majo.

Syn.: *S. Nicæensis* BONN. & BARR. Cat. rais. Tun., p. 56 (1896), p. p.; non ALL. Fl. pedem. II, p. 81 (1785).

Icon.: Tabula nostra III.

Aire géographique. *Tunisie septentrionale*, où la plante paraît être confinée sur les terrains sablonneux de la *Presqu'île du Cap Bon*. Elle a été trouvée jusqu'ici sur les points suivants: Djezeiret Djamour (Zembra) (ROUIRE ²/₅ 1885); Mghaïssa, nord-est de Soliman (BARRATTE ²⁶/₄ 1888); est de Menzel-bou-Zelfa (Miss. bot. ²³/₅ 1883); Kroumbalia (Miss. bot. ¹¹/₅ 1883); entre Kroumbalia et Hammamet (Miss. bot. ¹¹/₅ 1883); Bir-bou-Rekba (Miss. bot. 1883; MURB. 1903); sables maritimes

à Hammamet très abondant depuis Sidi Ahmed-oum-Seddi jusqu'à Bit-el-Assa (MURB. 1903).

Parmi ses congénères le *Silene Barrattei* est caractérisé surtout par sa racine vivace, grosse et profondément enfoncée, par sa pubescence très courte des tiges et des feuilles, par son limbe de la corolle enroulé au soleil et d'un rose très pâle à la face supérieure, et enfin par ses graines lisses, étroitement canaliculées sur le dos et de couleur gris jaunâtre. Comme le *S. arenarioides* DESF., espèce oubliée ou méconnue depuis l'époque de DESFONTAINES mais rétablie par moi en 1897, la plante que je viens de décrire a été confondue jusqu'ici avec le *S. nicæensis* ALL. — Pour faciliter la distinction entre ces trois espèces voisines je donne ici un aperçu des différences qu'elles présentent entre elles (Voir aussi Pl. III & IV.).

S. Barrattei MURB.*S. nicæensis* ALL.*S. arenarioides* DESF.

Racine toujours vivace, épaisse et très longue.

Racine bisannuelle, grêle, allongée.

Racine toujours annuelle, grêle.

Indument des tiges, des feuilles et des calices composé de poils glanduleux courts et de trichomes recourbés, 1—3-cellulés, longs de 0,1—0,2 mm. seulement (des cils plus longs ne se trouvent qu' à la base des feuilles).

Indument des tiges, des feuilles et des calices composé de poils glanduleux allongés et de trichomes étalés confervoides, formés de 5 à 20 cellules et longs de 1 à 2,5 mm.

Indument des tiges, des feuilles et des calices composé de poils glanduleux courts et de trichomes recourbés, 1—3-cellulés, longs de 0,1—0,2 mm. seulement (des cils plus longs ne se trouvent qu' à la base des feuilles).

Feuilles linéaires.

Feuilles spatulées.

Feuilles linéaires.

Corolle de 12 à 16 mm. de diamètre.

Corolle de 12 à 15 mm. de diamètre.

Corolle de 17 à 20 mm. de diamètre.

Limbes des pétales enroulés au soleil, à face supérieure d'un rose très pâle, à face inférieure grise olivâtre, à marges à peine imbriquées, à lobes linéaires-oblongs.

Limbes des pétales enroulés au soleil, à face supérieure d'un blanc sale, à face inférieure d'un brun gris ou olivâtre, à marges non imbriquées, à lobes linéaires-oblongs.

Limbes des pétales épanouis au soleil, à face supérieure d'un violet rose vif, à face inférieure ornée de veines d'azur ou d'un violet bleu intense, à marges imbriquées, à lobes obovales.

Écailles de la corolle cohérentes, hautes de 1 à 1,5 mm.

Écailles de la corolle libres entre elles, hautes de 0,5 à 0,7 mm.

Écailles de la corolle cohérentes, hautes de 1,2 à 2 mm.

Graines de couleur gris-jaunâtre, bien développées à faces un peu convexes; bords larges, arrondis, séparés par un sillon dorsal étroit.

Graines d'un brun foncé, bien développées en core à faces planes; bords grêles, assez aigus, séparés par un large sillon dorsal.

Graines de couleur gris-jaunâtre, bien développées à faces un peu convexes; bords larges, arrondis, séparés par un sillon dorsal étroit.

S. arenarioides DESF. Fl. atl. I p. 355 (1798); MURB. Contrib. Tun. I p. 29—31 tab. I figg. 9—11 (1897); hujus operis Tab. IV figg. 1—5.

Plante désertique et subdésertique. — Aux localités énumérées par moi, l. c., sont à ajouter les suivantes. *Algérie*. Prov. d'Oran: Harmela (LETOURN. 1882); Arba, Bou-Alem et Leumbah (COSS. 1856). Prov. de Const.: Baniou (LETOURN. 1882); Bou-Saada (LETOURN. 1862; REBOUD 1865); Mdoukal (LETOURN. 1862); Hammam Salahin pr. Biskra (MURB. 1903); Negrin (BIMLER 1882). — *Tunisie*: Gouiffa (DOUM-ADANS. 1884). — En revanche, deux des stations tunisiennes citées par moi, l. c., à savoir Kroumbalia et N.-O. de Hammamet, sont à supprimer: un nouvel examen des échantillons a montré qu'ils appartiennent au *S. Barrattei* décrit plus haut.

S. Muscipula L. Sp. pl. ed. I p. 420 (1753). — *Alg.*: Batna. — *Tun.*: Bir-el-Besbassia, à l'ouest de Hammamet.

Subsp. *S. deserticola* MURB. Contrib. Tun. I p. 34 tab. I fig. 13 (1897). — *Alg.*: El-Kantara; Hammam Salahin près Biskra.

La sous-espèce diffère du *S. Muscipula* typique, non seulement par les caractères cités par moi, l. c., mais encore par les bractées moins allongées, ainsi que par les graines, qui sont plus petites, d'un brun plus pâle et munies sur le dos de tubercules un peu moins élevés.

Alsineeæ.

Buffonia mauritanica. — Nova spec. — Perennis. Radix crassa, cortice superne rimoso et costis vel alis suberosis ornato. Caules e caudice breviter ramoso numerosi, fasciculati, 1—2 dm. longi, erecti, rigidi, teretes, scabriusculi vel subglabri, inferne simplices, superne ramos paucos suberectos edentes. Folia stricte erecta, rigida, brevica (etiam inferiora tantum 6—13 mm. longa), cylindrico-subuliformia, subpungentia, marginibus involutis brevissime ciliolatis. Inflorescentia e cymulis 2—3-floris composita, anguste paniculiformis, laxiuscula. Flores alii subsessiles alii exserte pedunculati, pedunculo fructifero usque ad 8 mm. longo, glabro vel scabriusculo, apicem versus incrassato. Sepala 3—4,5 mm. longa, ovato-lanceolata, longe acuminata, late scariosa, glaberrima, 3-nervia, nervis longe infra apicem sepali confluentibus. Petala minutissima, 0,5—0,8 mm. longa, late elliptica, apice erosa vel subemarginata, haud raro omnino deficientia. Stamina 4, interdum 2—3; filamenta 0,3—0,6 mm. longa; antheræ pro ratione magnæ, 0,25—0,3 mm. longæ. Styli brevissimi (0,25—0,35 mm. longi). Capsula disperma. Semina majuscula, late elliptica, 1,3—1,4 mm. longa, 1,1 mm. lata, fusca, faciebus obtuse alutaceo-tuberculatis, margine papillis elongato-cylindricis echinato. — Flor. & fructif. Majo.

Icon.: Tabula nostra V, figg. 1—7.

Aire géographique. *L'intérieur de l'Algérie occidentale*. La plante a été récoltée par M. Cosson sur les points suivants, tous situés à la lisière nord du Sahara oranais: Aïn-Sefissifa ($\frac{5}{5}$ 1856); Tyout ($\frac{9}{5}$ 1856); Dj. Taëlbouna près Asla ($\frac{13}{5}$ 1856); Chellala-Dahrania ($\frac{14}{5}$ 1856); Arba-Tahtani ($\frac{13}{5}$ 1856).

Les échantillons d'après lesquels j'ai créé l'espèce décrite ici appartiennent à l'Herbier Cosson, où ils sont étiquetés *Buffonia tenuifolia* L., et il n'est pas douteux que les affinités de la plante sont justement avec cette dernière espèce. Elle en diffère cependant en ce qu'elle est vivace et, conformément à ce fait, pourvue d'une racine bien plus forte, dont l'écorce est munie d'ailleurs de côtes subéreuses plus ou moins saillantes (dans le *B. tenuifolia* la racine est annuelle, grêle et à écorce lisse même vers le haut). Une autre différence consiste en ce que les feuilles basilaires sont droites, rigides et presque piquantes, tandis que dans le *B. tenuifolia* elles sont molles, flexibles et presque deux fois plus longues. Enfin, les graines sont un peu plus grandes, sensiblement plus larges (dans le *B. tenuifolia* elles sont longues de 1,1 à 1,2 mm., larges de 0,7 à 0,8 mm. seulement), et chargées sur le dos de papilles encore plus longues et plus grosses.

B. tenuifolia L. Sp. pl. ed. I p. 123 (1753) & Sp. pl. ed. II p. 179 (1762); GREN. & GODR. Fl. de Fr. I p. 249; WILLK. & LGE. Prodr. fl. hisp. III p. 605. — Icon.: Tab. nostra V, figg. 8—10. — Exs.: Soc. dauph. n. 1128 bis (1128 a non vidi). — *Tun.*: Collines calcaires à El Kef, c. 700 m.

Espèce nouvelle pour la flore de la Tunisie.

Sagina apetala ARD. Specim. II p. 22 tab. 8 fig. 1 (1764); L. Mantissa p. 559 (1771). — *Tun.*: Aïn Saboun à l'ouest de Hammamet; vallée de l'Oued Bargou. 50—600 m.

S. maritima D. DON. in Engl. Bot. tab. 2195 (1810). — *Tun.*: La Goulette; Belvédère etc. aux env. de Tunis; Hammamet. 0—10 m.

S. procumbens L. Sp. pl. ed. I p. 128 (1753).

Dans mes Contrib. Tun. (I p. 53) j'ai fait remarquer que tous les exemplaires nord-africains du *S. procumbens* que j'avais vus dans les collections du Muséum de Paris appartiennent à d'autres espèces du genre, à savoir le *S. apetala* ARD., le *S. ciliata* FR. et le *S. maritima* DON; en même temps j'ai rappelé cependant que ces collections ne renfermaient pas de spécimens entre autres de la station de l'Edough en Algérie. Grâce à l'obligeance de M. BATTANDIER, j'ai pu examiner plus tard la plante de l'Edough, et j'ai reconnu qu'elle représente réellement le *S. procumbens* de LINNÉ.

Alsine tenuifolia [L. Sp. pl. ed. I p. 424 (1753), sub *Arenaria*] CRANTZ Instit. rei herb. II p. 407 (1766). — *Tun.*: Hammamet; Bir Souïssi et Aïn Saboun; le massif du Dj. Bargou. — 0—1000 m.

Arenaria serpyllifolia L. Sp. pl. ed. I p. 423 (1753).

Subsp. *A. leptoclados* [REICHB. Ic. fl. germ. vol. V p. 32 fig. 4941 β (1841), pro var.] GUSS. Fl. sic. syn. II p. 824 (1843). — *Tun.*: Hammamet; vallée de l'Oued Bargou. 0—900 m.

Stellaria apetala UCRIA Pl. ad LINN. op. add. in ROEM. Arch. f. d. Bot. vol. I p. 68 (1796); Cfr. MURB. Contrib. Tun. I p. 37. — *Tun.*: Hammamet; vallée de l'Oued Bargou. 0—950 m.

Paronychiaceæ.

Spergula flaccida [ROXBURGH Fl. ind. II p. 447 (1832), sub *Arenaria*] ASCHERS. in Verh. d. bot. Ver. d. Prov. Brandbg. Jahrg. XXX. 1888 pp. XXXIV—XLIV (1889); MURB. Contrib. Tun. I p. 42 (1897). — *Tun.*: Dj. Jedidi à l'ouest de Hammamet.

Cette espèce, qui a été méconnue pendant plusieurs dizaines d'années et dont l'aire géographique, d'après les recherches faites par M. ASCHERSON et moi, embrasse, avec les Iles Madère et Canaries, tout le nord de l'Afrique, la Palestine, l'Arabie, l'Afghanistan, le Beloudchistan et la partie septentrionale de l'Inde orientale jusqu'au Gange, n'était pas encore signalée en Europe; elle se trouve cependant à Cabo de Gata, dans le sud de l'Espagne, d'où j'ai vu des spécimens recueillis en 1883 par mon ami et compatriote, le professeur HJALMAR NILSSON.

Polycarpon Bivonæ J. GAY in DUCHARTRE Rev. bot. II p. 372 (1846—47). — *Tun.*: Dj. Jedidi, à l'ouest de Hammamet, c. 120 m.

Paronychia capitata [L. Sp. pl. ed. I p. 299 (1753), sub *Illecebro*] LAM. Fl. fr. III p. 229 (1778); A. KERNER in Oesterr. bot. Zeitschr. XXVII p. 21 (1877). — *P. nivea* DC. in LAM. Dict. enc. méth. V p. 25 (1804); BATT. & TRAB. Fl. de l'Alg. p. 166 (*a*); BONN. & BARR. Cat. rais. Tun. p. 66 (*a*); MURB. Contrib. Tun. I p. 48. — *Tun.*: Hammamet; Dj. Bargou. Très répandu dans le nord et le centre de la Tunisie.

P. Kapela [HACQUET Pl. alp. Carn. p. 8 (12) tab. 2 fig. 1 (1782), sub *Illecebro*] A. KERNER in Oesterr. bot. Zeitschr. XXVII p. 17 (1877). — *P. capitata* DC. in LAM. Dict. enc. méth. V p. 25 (1804); BATT. & TRAB. Fl. de l'Alg. p. 167 nec non BONN. & BARR. Cat. rais. Tun. p. 66 [non (L.) LAM. Fl. fr.]. — *Tun.*: En abondance sur le sommet du Dj. Serdj, 1200—1350 m.

Par ses sépales un peu plus étroits et plus longs (2,5 à 3 mm. au lieu de 2 à 2,5) la plante nord-africaine diffère un peu du *P. Kapela* typique (PORTA & RIGO Ex itin. I. ital.; HUET DU PAVILLON Pl. neap. n. 316; PETTER Fl. dalm. exs. n. 207) et mérite peut-être, pour cette raison, d'être étudiée de nouveau.

Malvaceæ.

Malope malacoides L. Sp. pl. ed. I p. 962 (1753).

Subsp. **M. stellipilis** BOISS. & REUT. in BOISS. Diagn. pl. or. ser. II n. 1 p. 100 (1853). — Cfr. MURB. Contrib. Tun. I p. 51. — *Tun.*: Massif du Dj. Bargou (MURB.); Dj. Serdj (MURB.); in planitiebus excelsis inter Bordj Debbich et Maktar (LETOURN. 1887); in planitiebus excelsis inter Tala et El Kef (LETOURN. 1886); in valle Oued Meliz inter El Kef et Ghardimaou (LETOURN. 1886).

Il mérite d'être mentionné que cette plante, qui est répandue dans les parties élevées du centre de la Tunisie, diffère de celle décrite par BOISSIER & REUTER par l'absence presque complète de poils étoilés; on n'en trouve guère que sur les pédoncules, et souvent ces organes sont eux aussi tout à fait glabres. De plus, les fleurs m'ont paru un peu plus grandes, en ce que la longueur des pétales varie de 3 à 6 cm.

Althæa longiflora BOISS. & REUT. Diagn. Hisp. n. 13 (1842). — *Tun.*: Dj. Jedidi, à l'ouest de Hammamet, c. 100 m.

Linaceæ.

Linum lambesanum BOISS. & REUT. Diagn. pl. or., ser. II, n. 5 p. 65 (1856). — Exs.: BALANSA Pl. d'Alg. n. 943. — *Tun.*: Broussailles du Dj. Bargou et du Dj. Serdj, 450—900 m.

Espèce nouvelle pour la flore de la Tunisie.

L. numidicum. — Nova species e sect. *Linastrum* PLANCH. — Planta perennis. Caules e caudice ramoso suffruticoso plures vel numerosi, erecti vel basi adscendentes, 2—8 dm. alti, glaberrimi, inferne dense foliati, sublignosi, dein elongato-virgati, striati, in summa parte corymboso-ramosi. Folia alterna, glaberrima, margine lævia, 3-nervia, nervis subtus prominulis, infima subspathulata, obtusiuscula vel obtusa, media et summa lineari-lanceolata, acuta, basi attenuata. Inflorescentia corymbosa, e ramis parum elongatis, simplicibus vel parce et dichotome ramosis composita; ramuli ultimi ordinis 2—9-flori. Bracteæ pedunculis paulo longiores, mox deciduæ, inferiores herbaceæ, subulato-lineares, superiores lineari-lanceolatae, margine scariosæ ibique stipitato-glandulosæ. Pedunculi infimi calycem subæquantes, ceteri breviores. Sepala late vel ovato-lanceolata, trinervia, duo exteriora sensim, cetera subito et breviter acuminata, omnia margine breviter stipitato-glandulosa, capsulam maturam vix vel parum superantia; nervus medius elevatus. Corolla speciosa, intus alba, extus sordide lutescens; petala 18—24 mm. longa, obliqua. Filamenta staminum inferne ovato-lanceolata ibique margine parce ciliata, superne filiformia. Styli stamina nunc longe superantes (f. longistyla) nunc multo breviora (f. brevistyla);

stigmata oblongo-cylindrica. Capsula subpyramidato-sphærica, 4,5—5 mm. alta, 3—4 mm. lata, stylorum basi persistente apiculata, valvis duris et crassis sero et imperfecte dehiscens. Semina oblonga, fusca, subopaca, 2—2,1 mm. longa, 1—1,2 mm. lata. — Flor. & fructif. Junio, Julio.

Syn.: *Linum Munbyanum* BONNET ap. BONN. & BARR. Cat. rais. pl. Tun. p. 80 (1896); non BOISS. & REUT. Pug. pl. nov. Afr. bor. & Hisp. austr. p. 24 (1852) (Vidi specim. authent.).

Icon.: Tabula nostra VI, figg. 1—6.

Aire géographique. *Tunisie septentrionale* et la partie limitrophe de l'*Algérie*. J'ai vu des exemplaires provenant des localités suivantes: *Alg.* Prov. de Const.: Bône (REBOUD 1863; KRÉMER); environs du Cap de Garde à 10 kilom. au nord de Bône (HAGENMÜLLER $\frac{9}{6}$ 1880); La Calle (DURIEU $\frac{20}{6}$ & $\frac{3}{7}$ 1841). — *Tun.*: Broussailles entre Fernana et Fedj-el-Saha (MURB. $\frac{7}{6}$ 1903); Dj. Bir (ROBERT 1885); Aïn Draham (Miss. bot. 1883 $\frac{3}{7}$ & $\frac{7}{7}$; MURB. $\frac{8}{6}$ 1903); nord-ouest d'Aïn Draham (Miss. bot. 1883 $\frac{3}{7}$); broussailles entre Sidi Athman-el-Ahdjed et le Lac Cejenan (Miss. bot. 1888 $\frac{23}{6}$); entre El-Amoïza-Bellif et Bou-Demar (Miss. bot. 1888 $\frac{26}{6}$); El-Amoïza-Bellif (Miss. bot. 1888 $\frac{25}{6}$); près Hadjera Sghira (Miss. bot. 1888 $\frac{19}{5}$); El-Fedja (Ouchteta) (SEDILLOT 1886); Henchir-Skira (ROUX 1881).

Le lin que je viens de décrire a été confondu jusqu'ici avec le *Linum Munbyanum* BOISS. & REUT. Il s'en distingue cependant par son inflorescence moins diffuse et composée de rameaux moins florifères, mais surtout par les différences que présentent la fleur, le fruit et les graines:

L. numidicum MURB.

Sépales largement lancéolés ou lanc.-ovales, égalant ou dépassant à peine la capsule, les intérieurs brusquement et courtement acuminés.

Pétales longs de 18 à 24 mm.

Capsule subpyramidale-sphérique, plus haute que le diamètre transversal; ses valves épaisses, se séparant tardivement et pas jusqu'à la base.

Graines oblongues, d'un brun foncé, 2 à 2,1 mm. de long, 1 à 1,2 mm. de large.

L. Munbyanum B. & R.

Sépales étroitement lancéolés, tous atténués au sommet en acumen long, qui dépasse de beaucoup la longueur de la capsule.

Pétales longs de 10 à 15 mm.

Capsule déprimée-sphérique, bien plus basse que le diamètre transversal; ses valves minces, se séparant bientôt et jusqu'à la base.

Graines ovales, d'un brun rougeâtre, 1,1 à 1,3 mm. de long, 0,7 à 0,8 mm. de large.

L. Munbyanum BOISS. & REUT. Pug. pl. nov. Afr. bor. etc. p. 24 (1852); BATTAND. ap. BATT. & TRAB. Fl. de l'Alg. I p. 175. — Icon.: Tab. nostra VI, figg. 7—10. — Exs.: MUNBY Pl. alg. exs. cent. II 1851 n. 50; BALANSA Pl. d'Alg. n. 214; CHOLETTE Fragm. fl. alg. exs. n. 509; Reliquiæ Maroc. ex herb. SCHOUSBOE, n. 11.

Le *L. Munbyanum* B. & R. est une espèce plus occidentale que le *L. numidicum* décrit ci-dessus: il est répandu dans le nord du Maroc et dans l'ouest de l'Algérie, mais manque en Tunisie et dans la partie avoisinante de l'Algérie, où il est remplacé par le *L. numidicum*. Je citerai ici les stations d'où j'ai vu des spécimens au Muséum de Paris et dans l'Herbier Cosson. *Maroc*: In aggeribus prope Tanger (Rel. Maroc. ex herb. SCHOUSBOE, n. 11); entre Mogador et Maroc (IBRAHIM 1881); Keïra (BALANSA 1867); Dj. Tahallati, prov. de Demnat (IBRAHIM 1881); Dj. Imiifry entre Elarraba et Ait Medioual, prov. de Demnat (IBRAHIM 1879.) — *Algérie*. Prov. d'Oran: Nemours (WARNIER 1859); champs incultes à Tlemcen (BOURG. 1856); Dj. Santo etc. aux env. d'Oran (REUTER; MUNBY; BALANSA, etc.); Sidi-bel-Abbès (LEFRANC, etc.); Daya (CLARY 1887); Oued Ouaren (CLARY 1888). Prov. d'Alger: Champs des colons de Lodi près Médéah (JAMIN 1859); Sidi Yacoub près Blidah (LEFEBVRE 1861); La Chiffa (LEFEBVRE); Alger, sur les collines (BOVÉ 1837); coteaux entre l'Oued Corso et la vallée de l'Isser (COSS. 1854).

Geraniaceæ.

Erodium asplenioides [DESF. Fl. atl. II p. 109 tab. 168 (1800), sub Geranio] WILLD. Sp. pl. tom. III p. 635 (1800). — *Tun.*: En abondance au sommet du Dj. Bargou, 1100—1260 m.

Cette plante présente de très grandes variations quant à la forme des feuilles. Dans la même station, des exemplaires qui correspondent à la figure donnée par DESFONTAINES se trouvent mêlés à d'autres dont le limbe des feuilles est finement divisé en lanières linéaires, et entre ces deux types il y a tous les intermédiaires. — De jeunes individus à feuilles très divisées et qui n'ont pas encore produit une souche rhizomateuse à la base du pivot sont entièrement semblables à l'*Erodium Choulettianum* COSS. ap. BATTAND. & TRAB. Fl. de l'Alg. I p. 125 (1888) & BARRATTE ap. COSS. Illustr. fl. atl. vol. II p. 16 tab. 105 (1903). BATTANDIER prétend, il est vrai, que dans ce dernier le fruit n'a que 3,5 cm. de long, tandis que dans l'*E. asplenioides* il atteindrait une longueur de 5 à 6 cm., mais les riches matériaux, dont j'ai disposé, ont montré que dans l'une et l'autre de ces deux prétendues espèces la longueur du fruit varie de 3 à 5 cm. au plus, et, d'une façon générale, qu'aucune différence dans le fruit n'est combinée avec les différences que présentent les feuilles. Par conséquent, l'*Erodium Choulettianum* ne constitue guère qu'une forme de l'*E. asplenioides*, caractérisée par ses feuilles finement divisées.

Rutaceæ.

Ruta chalepensis L. Mantissa p. 69 (1767), *α*. — *R. bracteosa* DC. — *Tun.*: Dj. Jedidi; Aïn Bou Saadia. 150—600 m.

Leguminosæ.

Retama Duriei [SPACH in Ann. sc. nat., sér. 2. XIX p. 289 tab. 16, fig. 2 (1843), sub Spartio] WEBB in Ann. sc. nat., sér. 2. XX p. 279 (1843). — *Tun.*: Sur les dunes à l'ouest de Hammamet.

Erinacea pungens BOISS. Voy. en Esp. p. 145 (1839—45). — *Tun.*: Dj. Serdj, 700—1100 m.

Ononis polysperma BARR. & MURB. — Nova spec. e sectione *Natrix* MOENCH, WILLK. — Annuæ. Caulis rarius simplex, erectus, plerumque jam basi in ramos suberectos vel adscendentes subæquilongos, 1—2 dm. altos, pilis patentibus glanduligeris 0,2—0,3 mm. longis obsitos divisus. Folia omnia trifoliolata, stipitato-glandulosa; stipulæ basin versus obsolete denticulatæ, ceterum integræ, parte libera triangulari vel triangulari-lanceolata, acuta; petiolus canaliculatus, 3—10 mm. longus, 0,5—1 mm. latus, parte libera stipularum 2—4-plo longior; foliola margine utroque denticulis 3—6 acutis erectis distantibus instructa, foliorum infimorum elliptico-oblonga, mediorum lineari-oblonga, summorum linearia; foliolum medium 8—16 mm. longum, 1,5—5 mm. latum, lateralia paulo minora. Pedunculi suberecti, stricti, jam sub anthesi folium fulcrans superantes, fructiferi firmi, 2—4 cm. longi, apice biflori et arista filiformi 4—10 mm. longa præditi; pedicelli 2—5 mm. longi, floriferi erecto-patuli, fructiferi plus minus recurvi. Calyx, ut pedunculi pedicellique, pilis glanduligeris obsitus; tubus subregularis, campanulato-turbinatus, 2—2,5 mm. longus, 15-nerviis; lacinie subæquales, tubo sesquies vel subduplo longiores, sub anthesi lineari-filiformes, patentés, postea lineares erecto-patulæ. Corolla lutea. Vexillum 9—10 mm. longum, explanatum 7—8 mm. latum; limbus basi in unguem brevissimum subito attenuatus, apice subrotundatus. Alæ 8,5 mm. longæ; limbus 7 mm. longus, 4—4,5 mm. latus, oblique obovatus. Carina a basi ad apicem 9 mm. longa, 3,5—3,8 mm. lata, apice in rostrum obtusiusculum ungue plus duplo brevius et cum illo angulum rectum formans attenuata. Stylus 4,5—5 mm. longus, a basi recurvus refractusve. Legumen pilis brevibus glanduligeris donatum, pendulum, cylindrico-lineare, rectum vel apice leviter sursum curvatum, 18—28 mm. longum, 4—4,5 mm. latum, haud torulosum, maturum circ. 4 mm. crassum breviter acuminatum, lutescens. Semina pro ratione parva (diam. 1—1,3 mm.) et numerosa (sæpius 30—50 et ultra), ambitu triangularia, basi profunde emarginato-biloba, fusca, tuberculis hemisphæricis ornata et funiculo longo albido instructa.

Icon.: Tabula nostra VII Figg. 1, 5—8.

Aire géographique. *Maroc méridional occidental*, où la plante a été recueillie, en 1876, par le rabbin MARDOCHÉE dans les localités suivantes: Amaluz et Tidli Ighichan, montagnes dans le district d'Ida Ouchemlal; Ighirmillul et Djebel Tafraout et Kerkar, montagnes à l'est du district de Tazeroualt; montagnes de Siggrat et Ghiliz jusque vers Ighirmillul, à l'est du district de Tazeroualt.

Par sa pubescence glanduleuse, ses feuilles toutes trifoliolées, ses pédoncules allongés, biflores et aristés au sommet, ses fleurs jaunes, etc., l'*Ononis* que nous venons de décrire se rapproche d'une part de l'*O. hebecarpa* WEBB (Phytogr. canar., sect. II p. 25 tab. 52; Exs.: BOURG. Pl. canar. n. 322), et d'autre part de l'*O. biflora* DESF. (Fl. atl. II p. 143). Il se distingue de l'*O. hebecarpa* par ses stipules, dont la partie libre est aigüe et entière, non pas obtuse et denticulée, par ses folioles oblongues-linéaires, et non pas obovales, par la largeur plus grande de tous ses pétales, par le bec de la carène au moins deux fois plus court que l'onglet et perpendiculaire à la direction de celui-ci (dans l'*O. hebecarpa* le bec est presque aussi long que l'onglet, avec lequel il forme un angle obtus), par ses gousses presque du double plus longues, et enfin par ses graines très nombreuses, distinctement tuberculées et très profondément émarginées-bilobées à la base (dans l'*O. hebecarpa* elles sont, d'après la description et les figures données par WEBB, réniformes, lisses et au nombre d'une dizaine seulement dans chaque fruit). — Il diffère de l'*O. biflora* par ses pétioles de 2 à 4 fois plus longs que la partie libre des stipules, et non pas de la même longueur, par ses folioles plus étroites, par sa corolle unicolore (dans l'*O. biflora* le bec de la carène est rougeâtre et l'étendard extérieurement strié de veines de cette même couleur), par son étendard arrondi au sommet, et non pas profondément échancré-bilobé, par ses gousses plus longues et plus étroites, et enfin par ses graines encore plus nombreuses et de moitié plus petites.

L'*Ononis Maweana* BALL [in Journ. of Bot. 1873 p. 304; Spicil. fl. maroc. p. 407 (vid. specim. authent.)], qui se trouve dans le nord du Maroc, s'éloigne davantage de notre espèce par ses feuilles inférieures et supérieures unifoliolées, par ses pédoncules plus courts ou de même longueur que les pédicelles, par ses fleurs bicolores, son étendard pubescent extérieurement, etc.

A ce sujet, nous ferons observer, que l'*Ononis Hackelii* J. LANGE (in Kjøbenh. Vidensk. Meddel. 1877 p. 239) est, à en juger d'après des échantillons recueillis, en 1876, à Sines par WINKLER, identique avec l'*O. Maweana* de BALL.

O. mollis SAVI in Mem. d. soc. ital. Mod. vol. IX p. 351 t. 8 (1802); MURB. Contrib. Tun. I p. 58.

Var. *brevipila* MURB. Contrib. Tun. I p. 58 (1897). — Alg.: Prov. d'Oran: Ouillis, Dahra (KRALIK 1875, Hb. COSSON).

Medicago secundiflora DURIEU in DUCHARTRE Revue bot. I p. 365 (1845—46). — Tun.: Aïn Saboun, à l'ouest de Hammamet; Dj. Bargou. — 100—700 m.

M. rugosa DESF. ap. LAM. Enc. méth. III p. 632 (1783). — Tun.: Dj. Bargou; Decheret ez Zriba au pied du Dj. Serdj. 500—900 m.

Trifolium intermedium GUSS. Cat. pl. hort. reg. Boccad. p. 82 (1821) & Fl. sic. synops. II 1 p. 335 (1843); BATT. & TRAB. Fl. de l'Alg. I p. 233; non LAPEYR. Suppl. hist. d. pl. d. Pyrén. p. 115 (1818). — Exs.: HUET DU PAV. Pl. sic. n. 44;

HUT., PORTA & RIGO Ex itin. ital. III n. 161; CLAUSON Herb. Fontanes. norm. n. 20; JAMIN Pl. d'Alg. n. 147; CHOLETTE Fragn. fl. alg. exs. n. 422. — *Tun.*: Bir-el-Besbassia et Bir Souïssi à l'ouest de Hammamet (MURB. 1903); El-Haouïria (Herb. COSSON).

Espèce nouvelle pour la flore de la Tunisie.

T. arvense L. Sp. pl. ed. I p. 769 (1753).

Var. **longisetum** [BOISS. & BALANSA ap. BOISS. Diagn. pl. or., sér. II, n. 6 p. 47 (1859), pro sp.] BOISS. Fl. orient. II p. 120 (1872); BATTAND. & TRAB. Fl. de l'Alg. I p. 237 (1888—90). — *Alg.* Prov. de Const.: Pentes du Dj. Tababor vers Mechta Tezzera (COSS. 1880). — *Tun.*: Sommet du Dj. Bargou.

Cette forme remarquable est peut-être répandue dans une grande partie de la région méditerranéenne. Dans l'Herbier COSSON j'en ai vu des exemplaires recueillis en Espagne [Champs près Placencia (BOURG. 1863)], et il m'a paru bien probable que le *T. arvense* var. *Prestianum* signalé au Maroc (BALL Spicil. fl. maroc. p. 417) représente également cette même forme, et non pas le vrai *T. Prestianum* BOISS., qui est une espèce d'Orient bien distincte du *T. arvense* L.

T. glomeratum L. Sp. pl. ed. I p. 770 (1753). — *Tun.*: Dj. Bargou; Decheret Guennara entre le Dj. Bargou et le Dj. Serdj. 600—1200 m.

Lotus ornithopodioides L. Sp. pl. ed. I p. 775 (1753). — *Tun.*: Aïn Saboun, à l'ouest de Hammamet, c. 200 m.

Tetragonolobus biflorus [DESR. ap. Lam. Enc. méth., Bot., III p. 604 (1789), sub Loto] SER. ap. DC. Prodr. II p. 215 (1825). — *Tun.*: Aïn Draham.

T. Gussonei HUET Plantæ siculæ exsicc. 1855 (sine diagn.); DAVEAU in Bull. Soc. bot. Fr., T. XLIII p. 365 (1896). — *Tun.*: Hammam-el-Lif (Miss. bot. 1883; Hb. COSSON, nom. *T. biflorus* SER.); La Manouba (BARRATTE Miss. bot. 1888; Hb. COSSON, nom. *T. biflorus* SER.).

T. Requieri FISCH. & MEY. Ind. Hort. Petrop. 1835 p. 23 (nom. nudum); DAVEAU in Bull. Soc. bot. Fr., T. XLIII p. 365 (1896). — *T. guttatus* POMEL Nouv. mat. p. 182 (1874); BATT. & TRAB. Fl. de l'Alg. I p. 244.

Dans l'Herbier COSSON, cette espèce est représentée par des exemplaires provenant des stations nouvelles suivantes. *Algérie*. Prov. d'Oran: Nemours (WARNIER 1869); in argillosis herbis ad basim Dj. Tessala prope Sidi-bel-Abbès (WARION Pl. atl. selectæ 1876 n. 48). Prov. de Const.: Sidi Mecid (REBOUD).



1. O-Rhynchite Herbar. Arab. S. in A. Arab. in.

1—6: *Arabis tunetana* MURB. 7—11: *A. longisiliqua* PRESL.



J. Cederquists Kemigr. Anst. Sthlm. Auto. 1792

1—4: *Cleome amblyocarpa* BARR. & MURB. 5—8: *C. arabica* L.



Silene Barrattei MURB.

L. Barrattei in gr. An. ... Au. ...



1—5: *Silene arenarioides* DESF. 6—8: *S. nicænsis* ALL.



J. Cederouists Kernigr. Anst. Sthlm. Auto. o. tr

1—7: *Buffonia mauritanica* MURB. 8—10: *B. tenuifolia* L.



J. Cederquists Kemigr. Anst. Sthlm. Auto. o. tr.

1—6: *Linum numidicum* MURB. 7—10: *L. Munbyanum* BOISS.



J. Cederquists Kemigr. Anst. Sthlm. Auto. o. tr.
1, 5—8: *Ononis polysperma* BARR. & MURB. 2—4: *O. hebecarpa* WEBB.

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 1. Nr 5.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 16. Nr 5.

RESEARCHES INTO
THE THEORY OF PROBABILITY

BY

C. V. L. CHARLIER.

LUND 1906
PRINTED BY HÅKAN OHLSSON.

I. Introduction.

Among newer investigations into the theory of probability I know none more important than those of PEARSON in his admirable series of »Contributions to the mathematical theory of evolution«. The numerous school of biologists that has grown up during the last ten years, which has applied his methods to fundamental problems in botany and zoology, has richly demonstrated the importance of these methods for biology and shown the possibility of basing the science of life on exact mathematical methods. The branch of mathematics that is here in the first place needed is the theory of probability. For this reason PEARSON was obliged, in attacking the problem of evolution from a mathematical point of view, to solve some important problems in this theory, that had not to that time been sufficiently dealt with. He has solved a great part of these problems. Others remained unsolved or only partially solved. The object of the present investigation is to treat some of these problems, which are of great importance not only to biology, but to all sciences based on observations of nature. I should be glad if the results obtained will contribute to further develop the line of research laid out by PEARSON and his school.

Taking an arbitrary individual in the living nature — a man, an animal, a plant — it will generally be found impossible to find out another individual in all respects identical to the one first chosen. If the difference is great, we say that the two objects belong to different orders, classes, species, subspecies a. s. o., but it is impossible to carry the classification so far, that the differences between the individuals of the same sub-class would disappear. Nevertheless there is something that rightly may be named classe, species a. s. o. of individuals, though the strict definition of these terms is difficult and scarcely can be made without employing mathematical methods.

Let us consider a number of individuals all belonging to the same species, by which term we mean for the moment the narrowest group in the classification

of the objects in question. We take into consideration a certain character of these individuals, and assume that this character may be measured as to its magnitude or intensity, so that the measurements are expressed through numbers. Generally the character may vary continuously, and its true value in each individual can then only be measured approximately as the height of a man. In some cases the magnitude determinations of a character are expressed exactly in numbers, as the numbers of petals in a flower. In either case we generally find that the character varies from one individual to another. In known manner the characters continuously varying may be treated in the same manner as those expressible in integers and we assume that, expressed in a certain unit, the character x may assume all, or at least some, of the integer values

$$0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4, \dots$$

Counting the number — y — of individuals having a certain magnitude in respect to the character in consideration, we obtain what is called a frequency-table or — graphically — a *frequency-curve*.

What is the form of this curve?

The question seems at the first glance to be somewhat vague, if not unanswerable. Nevertheless experience has shown, that this curve really has a certain form, which may be mathematically defined, and, what is still more astonishing, that the parameters necessary to mathematically define a certain frequency-curve are generally very few in number. Very often 3 parameters suffice for representing, with satisfactory approximation, a collection of thousands of individuals. It is the duty of the mathematician to find the equation of this curve. As to the search for the hypotheses necessary to declare the origin of the frequency-curve, the mathematician and the observer of the nature must work together.

These hypotheses may be formulated in different ways. The question is to find a hypothesis that will suffice for declaring all the different forms in which the frequency-curves can occur. In searching for such a hypothesis we are aided by the methods used in solving an astronomical problem of similar character. I mean the explanation of the errors of observation.

According to HAGEN and BESSEL, who have given the best explanation of this difficult problem, an error of observation may be considered as the *sum of a great many very small elementary errors*. Let us suppose the question is to determine the sidereal time through meridian observations of stars. If the transit instrument were installed exactly in the meridian, if the right ascensions of the stars were exactly known, if the meteorological conditions of the atmosphere were known in all details, if the physiological state of the observer at all observations were unaltered and if all other circumstances that may have influence on the result were the same at all observations, it is clear that we should obtain full agreement between the observed values of the clock-correction. The true conditions, however, are somewhat different from this ideal state. The adjustment of the instrument is not fully correct,

the coordinates of the stars are affected by small errors, the temperature, pressure and other conditions of the atmosphere differ from one moment to another a. s. o. Each error of observation therefore may be considered as the sum of a multitude of small errors, derived from equally many independent *sources*. The law according to which the errors of each source varies may be different for each source and must *a priori* be considered as unknown.

In essentially the same manner we can declare the variation of the characters in biology. Consider, for instance, the stature of a group of adult men. If all men in the group be supposed to possess identically similar ancestors, if they have enjoyed identically the same education, the same food, the same climatical influences, if all other circumstances that may have some influence on the stature of the man were identically similar for all men in the group, we must conclude that the length of the stature of all these men must be the same, as truly as the effect is determined from the cause. The differences in ancestral heredity, in education, in food a. s. o. for a group of men may be considered as different sources of error as to the stature of these men. Each source of error may cause a positive or negative »elementary error» in the length; and through the addition of these small quantities the resulting deviation in the length of an individual from the supposed ideal length is obtained. Obviously the number of the sources of these elementary errors must be considered as very great, if not infinite.

This manner considering things seems to be very plausible. Meanwhile a new difficulty appears, a difficulty of a mathematical character, which seems to make the problem almost unsoluble. The number of the sources of error that each give elementary errors is supposed to be very great and each source has its own law of error, which must be considered as unknown. How great is the sum of all these elementary errors? The problem is very difficult, but it has been attacked and in principle solved by LAPLACE in his great work »Théorie analytique des probabilités» (1820). In two memoirs on the law of errors (Meddelanden från Lunds observatorium N:ris 25 och 26) I have discussed the problem, and shown some consequences that may be drawn from the results of LAPLACE.

These consequences are the following ones.

A frequency curve may possess one of the following two forms:

Type A. If the frequency curve is defined by the equation $y = F(x)$, where x is the measure of the character in question, and y its frequency, and we put

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-b)^2}{2\sigma^2}},$$

designating by b and σ two parameters, which must be duly determined, we can represent the frequency curve of type *A* through the equation

$$F(x) = A_0 \varphi(x) + A_3 \varphi^{\text{III}}(x) + A_4 \varphi^{\text{IV}}(x) + \dots,$$

where A_0, A_3, A_4, \dots are coefficients independent of x .

Type B. The frequency curve of the second form may be expressed with the help of the auxiliary function

$$\psi(x) = \frac{e^{-\lambda} \sin \pi x}{\pi} \left[\frac{1}{x} - \frac{\lambda}{1(x-1)} + \frac{\lambda^2}{2(x-2)} - \frac{\lambda^3}{3(x-3)} + \dots \right],$$

where λ is a parameter, and the general form of $F(x)$ is then

$$F(x) = B_0 \psi(x) + B_1 \Delta \psi(x) + B_2 \Delta^2 \psi(x) + \dots,$$

where B_0, B_1, B_2, \dots are coefficients independent of x .

Beyond these two forms no other frequency curves can occur, except those obtained through a superposition (addition) of several curves of the types *A* and *B*.

I will in this memoir more fully discuss these two forms of the frequency curve.

As to the conditions for the rise of these two types, it may for the present suffice to observe that type *B* arises, if the probability of a deviation from the »ideal» value of a character, caused by each single source of error is very small, whereas those sources of error, that possess an equal or nearly equal probability for such values of the character as lie in the neighbourhood of the »ideal» one give rise to a frequency curve of the first type.

By ideal value of the character here is meant such a value as would arise if all sources of error that may influence on the character had their most probable state. For the more precise formulation of the conditions for the two forms I refer to the mathematical investigation in the memoirs cited. It must be remarked that it is possible to pass continuously from one form to the other.

II. Type A of frequency curves.

Let x be the value of a character and $F(x) dx$ the frequency of those values that lie between x and $x + dx$. The frequency $F(x)$ is represented by means of the equation

$$(1) \quad F(x) = A_0 \varphi(x) + A_3 \varphi^{III}(x) + A_4 \varphi^{IV}(x) + \dots,$$

where

$$(1^*) \quad \varphi(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-b)^2}{2\sigma^2}}.$$

The quantities $b, \sigma, A_0, A_3, A_4, \dots$ are dependent on the form of the equation $y = F(x)$. The formulæ for determining these quantities have been given in my treatise »Über die Darstellung willkürlicher Functionen» (»Meddelanden» N:o 27).

Choosing the origin of the x -coordinates *arbitrarily*, we put

$$(2) \quad \mu'_s = \int_{-\infty}^{+\infty} x^s F(x) dx.$$

On the other side we put

$$(2^*) \quad \mu_s = \int_{-\infty}^{+\infty} (x-b)^s F(x) dx,$$

so that

$$\mu_s = \mu'_s - \binom{s}{1} b \mu'_{s-1} + \binom{s}{2} b^2 \mu'_{s-2} - \binom{s}{3} b^3 \mu'_{s-3} + \dots$$

where $\binom{s}{1}$, $\binom{s}{2}$, $\binom{s}{3}$ designate the binomial coefficients.

If the quantity b is known, we know also the values of $\mu_0, \mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots$. Now b is given by the equation

$$3) \quad \mu'_0 b = \mu'_1.$$

We then have

$$(3^*) \quad \mu_0 \sigma^2 = \mu_2,$$

and the quantities A_0, A_3, A_4, \dots have the values

$$(4) \quad \begin{aligned} A_0 &= \mu_0, \\ 3 A_3 &= -\mu_3, \\ 4 A_4 &= \mu_4 - 3 \sigma^4 \mu_0, \\ 5 A_5 &= -\mu_5 + 10 \sigma^2 \mu_3, \\ 6 A_6 &= \mu_6 - 15 \sigma^2 \mu_4 + 15 \sigma^6 \mu_0, \\ &\dots \end{aligned}$$

The quantities $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots$ are named the moments, taken in respect to (or about) the point b , of the curve $y = F(x)$ of the first, second, third, \dots order. When these quantities are calculated, it is easy to calculate the values of the coefficients A_0, A_3, A_4, \dots according to the formulæ (4).

As to σ it is named by English writers on probability the *standard deviation*. German mathematicians generally call it *mean deviation* or *mean error*. As to $\varphi(x)$, it is the form of the *probability function* generally used by PEARSON. I find that this form is to be preferred before the usual GAUSSIAN form

$$\varphi(x) = \frac{k}{\sqrt{\pi}} e^{-k^2(x-b)^2},$$

where k is called the *measure of precision*. The difference is naturally only a formal one, but σ , being a length (supposing x to be considered as a length), is easier to conceive than the quantity k . I will in this connection remark that the so-called *probable error* may without regret be removed from the practical applications of

the theory of probability, as the standard (mean) deviation says all that is wanted from the calculus in the respect that here is concerned.

The values of the probability function $\varphi(x)$ are most conveniently tabulated by SHEPPARD («Biometrika» 1903). The argument of these tables are the quotient $(x-b): \sigma$. In the same memoir also the values of the probability integral, that is of the integral

$$\int \varphi(x) dx$$

are given in a similar manner.

As to the form of the derivated functions of φ I remind of the relation

$$\varphi^s(x) = R_s(x) \varphi(x),$$

where $R_s(x)$ is a whole rational function (i. e. a polynom) of x of the degree s . For the lowest values of s we have

$$\begin{aligned} R_0 &= 1, \\ \sigma^2 R_1 &= -(x-b), \\ \sigma^4 R_2 &= +(x-b)^2 - \sigma^2, \\ \sigma^6 R_3 &= -(x-b)^3 + 3\sigma^2(x-b), \\ \sigma^8 R_4 &= +(x-b)^4 - 6\sigma^2(x-b)^2 + 3\sigma^4, \\ \sigma^{10} R_5 &= -(x-b)^5 + 10\sigma^2(x-b)^3 - 15\sigma^4(x-b), \\ \sigma^{12} R_6 &= +(x-b)^6 - 15\sigma^2(x-b)^4 + 30\sigma^4(x-b)^2 - 15\sigma^6, \\ &\dots \end{aligned}$$

Hence we find that $\sigma^s R_s$ is a function only dependent on the quotient $(x-b): \sigma$. As the product $\sigma \varphi(x)$ also depends only on the same quotient, it is obvious that the functions

$$\sigma \varphi(x), \sigma^4 \varphi^{III}(x), \sigma^5 \varphi^{IV}(x), \sigma^6 \varphi^V(x), \dots$$

are functions only of a single variable and hence may be conveniently tabulated with this variable as tabular argument.

I give a short table of the first three of these functions as well as of the probability integral at the end of this memoir.

In many instances the following abridged table will suffice for constructing a frequency curve (compare (5*)):

TABLE I.

$\frac{x-b}{\sigma}$	φ_0	φ_3	φ_4
-3.0	+ 0.004	+ 0.080	+ 0.133
-2.5	+ 0.018	+ 0.142	+ 0.030
-2.0	+ 0.054	+ 0.103	- 0.270
-1.5	+ 0.130	- 0.146	- 0.704
-1.0	+ 0.242	- 0.484	- 0.484
-0.5	+ 0.352	- 0.484	+ 0.550
0.0	+ 0.399	0.000	+ 1.197
+ 0.5	+ 0.352	+ 0.484	+ 0.550
+ 1.0	+ 0.242	+ 0.484	- 0.484
+ 1.5	+ 0.130	+ 0.146	- 0.704
+ 2.0	+ 0.054	- 0.103	- 0.270
+ 2.5	+ 0.018	- 0.142	+ 0.030
+ 3.0	+ 0.004	- 0.080	+ 0.133

The comparison between the observed and the calculated values of the frequency cannot be performed *directly* with the help of this table. For this purpose it is necessary to make use of the fuller tables at the end of this memoir. The frequency curve may, however, be constructed with the help of the above abridged table and compared with the empirical frequency curve. Compare the examples 1 and 4 beneath.

We write the series (1) in the form

$$(5) \quad \sigma F(x) = \mu_0 [\sigma \varphi(x) + \beta_3 \sigma^4 \varphi^{III}(x) + \beta_4 \sigma^5 \varphi^{IV}(x) + \dots]$$

or

$$(5^*) \quad \sigma F(x) = \mu_0 [\varphi_0(x) + \beta_3 \varphi_3(x) + \beta_4 \varphi_4(x) + \dots],$$

where

$$\beta_3 = \frac{A_3}{A_0 \sigma^3};$$

$$\beta_4 = \frac{A_4}{A_0 \sigma^4};$$

and generally

$$\beta_s = \frac{A_s}{A_0 \sigma^s} = \frac{A_s}{\mu_0 \sigma^s}.$$

Using the abbreviation

$$(6) \quad \nu_s = \mu_s : \mu_0$$

we obtain the following simple formulæ for the calculation of the coefficients β_3, β_4, \dots

$$(7) \quad \begin{aligned} 3 \beta_3 &= -\nu_3 : \sigma^3, \\ 4 \beta_4 &= \nu_4 : \sigma^4 - 3, \\ 5 \beta_5 &= -\nu_5 : \sigma^5 + 10 \nu_3 : \sigma^3, \\ 6 \beta_6 &= \nu_6 : \sigma^6 - 15 \nu_4 : \sigma^4 + 15, \\ &\dots \end{aligned}$$

The functions $\varphi^s(x)$ are even functions of $x-b$, if s is an even number, and change the sign with $x-b$ if s is odd. Hence we find that the functions $\varphi^{III}(x), \varphi^V(x), \dots$ are liable to give to the frequency curve an unsymmetrical form, which is not the case with $\varphi^{IV}(x), \varphi^{VI}(x)$, a. s. o. We find from the diagrams numbered 1, 2, 3, 4, 5 some instances of the influence of the first two terms on the form of the frequency curve.

Fig. 1 is the usual *normal-curve*. Figures 2 and 3 show the effect of different values of β_3 on the frequency curve. It is here supposed that β_4 and all other coefficients in (5) vanish. For great values of $x-b$ we here obtain negative values of the frequency, which is not possible in reality. The neglected terms of higher order must compensate those negative values. If β_5 and all following coefficients are small, it is convenient to choose β_3 as a measure of the skewness or dissymmetry of the curve. We hence will call β_3 *the coefficient of dissymmetry* (or skewness)

of the frequency curve¹⁾. From the illustrations we may conclude, that a dissymmetry corresponding to the value $\beta_3 = 0.5$ must be considered as rather high, the frequency curve being then far different from the normal curve. It is to be expected, that in practice the value of β_3 will seldom exceed 0.5. The following coefficients in the series may however allow higher values of β_3 to occur.

The effect of the term $\beta_4 \sigma^5 \varphi^{IV}(x)$ may be shown from fig. 4 and 5, in which the normal curve is indicated by a dotted line.

For $\beta_4 = +0.1$ we obtain a curve similar to the normal curve, but it is directly observable from the figure that the number of individuals between $x-b = -\sigma$ and $x-b = +\sigma$ is greater when the frequency curve is characterized by $\beta_4 = +0.1$ than for $\beta_4 = 0$, when we have a normal distribution. The contrary takes place when $\beta_4 = -0.1$, or generally when β_4 has a negative value. We may conveniently, using an analogous nomenclature proposed by PEARSON (Math. Contrib. I 1894), call β_4 the *excess of the frequency curve*.

In the simplest cases — and also the most usual ones — the coefficients β_3 and β_4 are sufficient to characterise the frequency curves, naturally together with the *mean* (b), the *standard deviation* (σ) and the coefficient $A_0(\mu_0)$, which latter equals the *area* of the frequency curve.

The equation (1) of the frequency curve being found it is easy to calculate the values of the *mode* and the *median*, which are sometimes used. For the *mode*, which corresponds to the maximum value of the frequency, we obtain the equation

$$0 = F'(x) = A_0 \varphi'(x) + A_3 \varphi^{IV}(x) + A_4 \varphi^V(x) + \dots$$

If A_3 and A_4 are small quantities, as is here supposed, the value of $x-b$ satisfying this equation must be small. We obtain the following equation for the coordinate — x_1 — of the mode

$$(8^{**}) \quad 0 = -z_1 + \beta_3 [3 - 6z_1^2 + z_1^4] + \beta_4 [-15z_1 + 10z_1^3 - z_1^5] + \dots \\ + \beta_5 [-15 + 30z_1^2 - 15z_1^4 + z_1^6] + \dots,$$

where

$$z_1 = \frac{x_1 - b}{\sigma}.$$

Retaining only the terms of lowest order, we hence obtain

$$(8) \quad z_1 = \frac{3\beta_3}{1 + 15\beta_4}$$

or, if β_4 be neglected,

$$(8^*) \quad x_1 = b + 3\sigma\beta_3.$$

A more accurate value is easily obtained from the above equation (8**). The formula (8) may suffice for a general discussion of the position of the mode

¹⁾ I will also, for the sake of brevity, call β_3 the *skewness* of the frequency curve.

in relation to the mean. If the excess of the curve is small, it will be allowable to use the formula (8*).

As to the coordinate x_2 of the *median*, it may be obtained in the following manner.

The median is defined in such a manner that the number of individuals between negative infinity and the median (x_2) is equal to the remaining number of individuals between x_2 and positive infinity. Hence the ordinate corresponding to $x = x_2$ divides the frequency curve into two equal parts.

We hence have

$$\int_{-\infty}^{x_2} F(x) dx - \int_{x_2}^{+\infty} F(x) dx = 0,$$

or, if the expression (1) for $F(x)$ is introduced,

$$(9^*) \quad 0 = A_0 \int_{-\infty}^{x_2} \varphi(x) dx - A_0 \int_{x_2}^{+\infty} \varphi(x) dx + 2A_3 \varphi''(x_2) + 2A_4 \varphi'''(x_2) + \dots$$

For solving this equation we assume that A_3 and A_4 , and in a still higher degree A_5 and the following coefficients, are small quantities. As

$$\int_{-\infty}^b \varphi(x) dx = \int_b^{+\infty} \varphi(x) dx$$

it is therefore necessary, that x_2 has a value little different from b . We put

$$x_2 = b + \sigma z_2$$

and consider z_2 as a small quantity.

For developing (9*) in powers of z_2 , we observe, that

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{x_2} \varphi(x) dx &= \int_{-\infty}^b \varphi(x) dx + \int_b^{x_2} \varphi(x) dx \\ &= \frac{1}{2} + \int_b^{x_2} \varphi(x) dx, \end{aligned}$$

and also

$$\int_{x_2}^{+\infty} \varphi(x) dx = \frac{1}{2} - \int_b^{x_2} \varphi(x) dx,$$

so that

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{x_2} \varphi(x) dx - \int_{x_2}^{+\infty} \varphi(x) dx &= 2 \int_b^{x_2} \varphi(x) dx \\ &= 2 \int_0^{z_2} \varphi(b + \sigma z) dz. \end{aligned}$$

According to the value of $\varphi(x)$ we find that

$$\sigma\varphi(b + \sigma z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}},$$

and, developing this expression into powers of z and integrating, we thus finally find the following equation for determining z_2 :

$$(9^{**}) \quad 0 = z_2 - \frac{z_2^3}{6} + \dots + \beta_3 \left(-1 + \frac{3}{2} z_2^2 + \dots \right) + \beta_4 \left(3z_2 - \frac{5}{2} z_2^3 + \dots \right).$$

Neglecting β_5, β_6, \dots , and terms of the third order we obtain

$$z_2 = \frac{\beta_3}{1 + 3\beta_4}$$

and hence we have

$$(9) \quad x_2 = b + \frac{\sigma^2 \beta_3}{1 + 3\beta_4}.$$

For $\beta_3 = 0$ (β_5 and the higher coefficients being neglected) the mean, the mode and the median coincide. For frequency curves with small excess (for others we cannot conclude anything definitely from these formulæ) *the median is situated between the mean and the mode.*

$$\begin{array}{c} \overbrace{\beta_3 \sigma}^{3\beta_3 \sigma} \\ \underbrace{\beta_3 \sigma}_{\text{Position of the mean.}} \quad \underbrace{\beta_3 \sigma}_{\text{Position of the median.}} \quad \underbrace{\beta_3 \sigma}_{\text{Position of the mode.}} \end{array}$$

The relative position of the mean, the median and the mode is first given by PEARSON, who has derived it from his theory of frequency curves. For curves with a sensible *excess* the order of these points may possibly be different.

III. Numerical determination of the parameters of a frequency curve.

The calculation of the coefficients β_3, β_4, \dots according to the formulæ (7) is a fairly simple affair, when the moments of the frequency curves are known. As the calculation of these moments has been thoroughly discussed by PEARSON and his disciples, it would not be necessary to expend many words on this matter, were it not that some special points here deserve a closer examination. It ought

to be demonstrated that the formula (1) is actually suitable to represent frequency curves, that is, that the number of coefficients in the series necessary for obtaining a practically sufficient representation is rather small. It will be shown that for most purposes it suffices to know the coefficients β_3 and β_4 . When the series of observations on which the frequency curve is based is very numerous, it may be desirable to know the values of β_5 and β_6 also. This naturally is also the case, if the curve of frequency differs much from the normal curve.

As to the calculation of the moments of the curve I refer to the researches of PEARSON and SHEPPARD (Proc. Lond. Math. Soc. Vol. XXIX). The methods for obtaining the numerical values of the moments are clearly summarised by DAVENPORT («Statistical Methods» P. 19 ff.). In a certain point it will be necessary to complete the numerical methods used by these authors, namely in respect to the checking of the numerical results. It must be considered as a rather laborious and imperfect method to check numerical work through double calculation or »calculation in pairs», as is recommended by the last named author. A scheme for numerical calculus must be so arranged, that errors may be detected by the computer himself, and such arrangements are generally easy to perform. In the first example I have carried out the control *in extenso*.

I bring here together the formulæ necessary for the calculation of the moments and of the coefficients of skewness and excess (β_3 and β_4).

$$(a) \quad \mu_s' = \Sigma x^s F(x). \quad (s = 0, 1, 2, 3, 4).$$

$$(b) \quad \nu_s' = \mu_s' : \mu_0'.$$

Control:

$$(c) \quad \Sigma (x - 1)^4 F(x) = \mu_4' - 4\mu_3' + 6\mu_2' - 4\mu_1' + \mu_0'.$$

or

$$(d) \quad \Sigma (x + 1)^4 F(x) = \mu_4' + 4\mu_3' + 6\mu_2' + 4\mu_1' + \mu_0'.$$

$$(e) \quad b = \nu_1',$$

$$(f) \quad \sigma^2 = \nu_2 = \nu_2' - b^2,$$

$$(g) \quad \nu_3 = \nu_3' - 3b\nu_2' + 2b^3,$$

$$(h) \quad \nu_4 = \nu_4' - 4b\nu_3' + 6b^2\nu_2' - 3b^4.$$

Control:

$$(i) \quad \nu_4' = \nu_4 + 4b\nu_3 + 6b^2\nu_2 + b^4.$$

$$(j) \quad \beta_3 = \nu_3 : 6\sigma^3,$$

$$(k) \quad \beta_4 = \frac{1}{24}(\nu_4 : \sigma^4 - 3).$$

TABLE II. *Scheme for the calculation of frequency curves.*

Control.

$(x+1)^4$	x	$F(x)$	$x F(x)$	$x^2 F(x)$	$x^3 F(x)$	$x^4 F(x)$	$(x+1)^4 F(x)$	
2401	-8							
1296	-7							
625	-6							
256	-5							μ_4'
81	-4							$4\mu_3'$
16	-3							$6\mu_2'$
1	-2							$4\mu_1'$
0	-1							μ_0'
	Σ_1							Σ_3
1	0							
16	+1							
81	+2							
256	+3							
625	+4							
1296	+5							
2401	+6							
4096	+7							
6561	+8							
	Σ_2							
	μ_3'							$= \Sigma_3$
	ν_2'		b	ν_2'	ν_3'	ν_4'		
		b	$b\nu_2'$		$b\nu_3'$		$b\nu_3$	
		b^2	$b^2\nu_2'$				$b^2\nu_2$	
		b^3						
		b^4						
	ν_2'		ν_3'		ν_4'		ν_4	
	$-b^2$		$-3b\nu_2'$		$-4b\nu_3'$		$4b\nu_3$	
	$\nu_2 = \sigma^2$		$2b^3$		$6b^2\nu_2'$		$6b^2\nu_2$	
	σ		ν_3		$-3b^4$		b_4	
	σ^3		$\nu_3 : \sigma^3$		ν_4		Σ_4	$= \nu_4'$
	σ^4		ρ_3		$\frac{\nu_4}{\sigma^4} - 3$			
					ρ_4			

The last part of the calculus, (j) and (k) — by which β_3 and β_4 are obtained — as well as (b) must be controlled through double calculation.

A complete scheme for the calculation of a frequency curve according to the above formulæ is given on the preceding page.

When a certain statistical material in respect to a »collective object» is to be discussed, the first thing is to arrange this material into classes, all with the same extension (range) as to the character in question. The class range is taken as unity of the abscissæ. By inspection a class in the neighbourhood of the mean is chosen and considered as the origin from which the x -coordinates are reckoned. The two classes on both sides of that class, that is numerated with 0, get the number +1 and -1, and so on. The moments are calculated according to the equations (a)–(h). It is not necessary to take into account the corrections given by PEARSON and SHEPPARD, if the class range is sufficiently small and coefficients of higher order than β_4 are not taken into consideration. As a rule it may be advisable to take the class range smaller than the standard deviation, the approximate value of which is easily found from the frequency table ($\frac{2}{3}$ of the material being included between the limits $b + \sigma$ and $b - \sigma$).

The corrected formulæ for the moments given by SHEPPARD are:

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= (v_2) = v_2' - b^2 - \frac{1}{12} = v_2 - \frac{1}{12} \\ (v_3) &= v_3' - 3bv_2' + 2b^3 = v_3 \\ (v_4) &= v_4' - 4bv_3' + 6b^2v_2' - 3b^4 - \frac{1}{2}\sigma^2 - \frac{1}{80} \\ &= v_4 - \frac{1}{2}\sigma^2 - \frac{1}{80}, \end{aligned}$$

where (v_2) , (v_3) and (v_4) design the corrected values of the moments (strictly the moments divided with μ_0).

1st Example. For illustrating the above general theory I begin with a frequency curve discussed by DAVENPORT, belonging to the type I of PEARSON ¹⁾.

Distribution of frequency of glands in the right fore leg of 2000 female swine.

Number of glands	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frequency	15	209	365	482	414	277	134	72	22	8	2

We choose 4 glands as the provisional origin of the x -coordinates. The calculation scheme will then assume the following form.

¹⁾ The frequency curve discussed in this example belongs, strictly spoken, to the type B, the curve obviously being limited in one direction. It may, however, be used as an example of such curves as, though belonging to the second type, may be conveniently represented through the formulæ of type A. If notable differences occur at the limited end of the curve between the observed and the calculated values, it will be necessary to use a curve of type B. I have treated the same curve as a B-curve beneath.

As to the controls it is to be remarked that the control (c), being a mere transposition of the terms, *must give full agreement between the two results to the last cipher*. As to the control of the second part of the calculus, through (i), a difference between the first and the second value of v_4' may amount to some units of the last cipher. The difference in the example is 0.008, and hence rather great, and is probably caused by the neglected decimals in b^2 . There is, however, no reason to make the calculation with more decimals.

All multiplications and divisions (partially also the additions) are performed with the aid of a calculating machine (I use for the present a machine of ODHNERS construction).

The five parameters hence have the following values:

$$\begin{aligned}\mu_0 &= 2000, \\ b &= -0.499, \\ \sigma &= +1.681, \\ \beta_3 &= -0.0848, \\ \beta_4 &= +0.0046.\end{aligned}$$

For comparing the observed values of the frequency with the theory we must calculate the values of $\varphi_0, \varphi_3, \varphi_4$ corresponding to the different classes. From tables B, C, D at the end of this memoir we obtain the values

n	0	1	2	3	4	5
x	-3.5	-2.5	-1.5	-0.5	+0.5	+1.5
$(x-b):\sigma$	-2.07	-1.49	-0.893	-0.296	+0.296	+0.893
φ_0	+0.047	+0.131	+0.268	+0.382	+0.382	+0.268
φ_3	-0.124	-0.153	-0.527	-0.329	+0.329	+0.527
φ_4	-0.204	-0.712	-0.308	+0.947	+0.917	-0.308
n	6	7	8	9	10	
x	+2.5	+3.5	+4.5	+5.5	+6.5	
$(x-b):\sigma$	+1.486	+2.07	+2.68	+3.27	+3.86	
φ_0	+0.131	+0.047	+0.011	+0.002	+0.000	
φ_3	+0.153	-0.124	-0.123	-0.048	-0.011	
φ_4	-0.712	-0.204	+0.126	+0.102	+0.031	

We hence derive the following values of the calculated frequencies compared with the observed ones.

Number of glands (n)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Observed frequency	15	209	365	482	414	277	134	72	22	8	2
Calculated	43	166	369	494	427	264	136	67	26	8	1

The results are illustrated by fig. 6 on plate II.

The agreement is as perfect as can be wished. The difference for $n = 0$ and $n = 1$ will diminish, if a curve of type *B* be used. I have not considered this necessary in this case, as the curve of type *A* also gives a very good agreement. In example 8 I have in addition given a comparison of the same material with a curve of type *B*.

In constructing the curve of frequency I have not directly used the above values of the frequency. It is namely useful and instructive to reproduce the different frequency curves all in the same scale. For this purpose the standard deviation σ is taken as unit for the abscissæ and the numbers expressing the frequency are all multiplied by $\sigma : \mu_0$. As we have

$$\frac{\sigma}{\mu_0} F(x) = \varphi_0(x) + \beta_3 \varphi_3 + \beta_4 \varphi_4 + \dots$$

we thus obtain for all frequency curves with the same values of β_3 and β_4 identically the same form. The construction of the curves of frequency is very simple, if the table I is used. The abscissæ of the *observed* values are obtained by means of the expression

$$\frac{x - b}{\sigma},$$

where x denotes the value of the character in question referred to the *provisional* origin. The comparison between theory and observation may conveniently be made with the help of the curve.

For the position of the mean, mode and median we obtain the values:

$$\text{Mode: } x = 3.075,$$

$$\text{Median: } x = 3.359,$$

$$\text{Mean: } x = 3.501.$$

Second Example. *Distribution of frequency of stigmatic bands of 1001 samples of Papaver.*

All the flowers were gathered in the same garden in Arild (Skåne) and counted by me the 27 July 1905.

Number of bands	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Frequency	3	8	68	257	344	236	70	14	1

An easy calculation gives us, taking the *provisional* origin at 8,

$$\mu_0 = 1001,$$

$$b = -0.007,$$

$$\sigma = +1.142,$$

$$\beta_3 = -0.0006,$$

$$\beta_4 = +0.0093.$$

The curve is nearly normal, with the mode, mean and median at 8, a standard deviation equal to 1.142 and a small positive excess. In fig. 7 the observed frequencies are compared with a normal-curve (without excess).

Third Example. *Distribution of frequency in the weight of brown beans.*

JOHANNSEN has made a very important investigation ¹⁾ into the weight and other qualities of brown beans (*Phaseolus vulgaris*), which he has studied in many generations. What is specially characteristic in his researches is the self-fertilisation of the plants used in his experiments, so that it is possible for him to study the effect of *heredity* in its purest form. From the material published by him I take out his results respecting the weight of the beans in the third generation (1902). All the beans here considered derive in direct line from 19 grandmother-beans (1900), each constituting a line distinct from the other ones.

We have here to do with *graduated variates* (DAVENPORT) that are capable of assuming all possible values within certain limits. In the first 2 examples the x -coordinates that measure the character in question, could assume only integer values. The graduated variates must be taken together in *classes*. The *class range* I take as by JOHANNSEN to 50 mg. The provisional origin is for all lines taken to 475 mg. Hence class 1 has a mean weight of 525 mg, class 2 of 575 mg and so forth. The numbers given by JOHANNSEN for the weight of the beans are contained in the following table.

TABLE IV. *Frequency table of brown beans* (JOHANNSEN).

Middle of the class	125	175	225	275	325	375	425	475	525	575	625	675	725	775	825	875	Σ
Class	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	—
Line A	—	—	—	—	—	2	5	9	14	21	22	24	23	17	6	2	145
” B	—	—	—	1	6	19	32	66	88	100	90	50	19	1	3	—	475
” C	—	—	—	—	—	5	14	50	76	58	44	29	5	1	—	—	282
” D	—	—	—	5	2	9	21	38	68	77	62	22	3	—	—	—	307
” E	—	—	—	4	1	12	29	62	65	57	19	6	—	—	—	—	255
” F	—	—	—	—	2	8	21	46	74	46	28	14	1	1	—	—	241
” G	—	—	3	9	28	51	111	174	101	44	6	—	1	5	—	—	533
” H	—	—	1	6	20	60	106	114	75	33	3	—	—	—	—	—	418
” J	—	1	2	14	38	104	172	179	140	53	9	—	—	—	—	—	712
” K	—	—	1	2	6	31	55	55	28	6	4	—	—	—	—	—	188
” L	—	—	1	5	15	37	88	76	33	13	4	1	—	—	—	—	273
” M	—	—	4	9	26	56	82	76	32	9	1	—	—	—	—	—	295
” N	1	3	11	22	29	72	120	69	23	5	2	—	—	—	—	—	357
” O	4	4	5	19	69	69	44	5	—	—	—	—	—	—	—	—	219
” P	—	—	—	3	1	18	35	27	13	3	4	2	—	—	—	—	106
” Q	—	—	1	2	7	16	44	93	80	52	10	—	—	—	—	—	305
” R	—	—	—	2	3	12	17	27	19	3	—	—	—	—	—	—	83
” S	—	—	1	2	3	8	27	47	37	30	4	—	—	—	—	—	159
” T	—	—	—	—	1	6	20	37	39	30	8	—	—	—	—	—	141

Each line was treated according to the before given scheme. The corrections of SHEPPARD for the moments were not applied. The results were duly controlled. The values of the parameters for the different lines are contained in the following table.

¹⁾ »Ueber Erblichkeit in Populationen und in reinen Linien«, Jena 1903 (Fischer).

TABLE V. *Parameters of frequency curves for pure lines of Phaseolus vulgaris.*

	μ_0	b	σ	β_3	β_4	$m = \text{Mean weight}$	σ in mg	$\sigma : m$
Line A	145	+3.338	2.177	+0.039	-0.022	642	109	0.170
" B	475	+1.658	1.851	+0.032	-0.001	558	93	0.166
" C	282	+1.585	1.524	-0.023	-0.015	554	76	0.138
" D	307	+1.453	1.681	+0.120	+0.031	548	84	0.156
" E	255	+0.737	1.497	-0.069	+0.021	512	75	0.146
" T	141	+0.624	1.276	+0.036	-0.017	506	64	0.126
" Q	305	+0.341	1.368	+0.013	+0.028	492	68	0.139
" S	159	+0.277	1.427	+0.113	+0.038	489	71	0.146
" F	241	+0.137	1.517	-0.010	+0.004	482	76	0.158
" G	533	-0.200	1.562	-0.031	+0.032	465	78	0.167
" H	418	-0.395	1.396	+0.033	-0.005	455	70	0.154
" R	83	-0.398	1.308	+0.094	± 0.000	455	65	0.144
" J	712	-0.411	1.477	+0.045	± 0.000	454	74	0.163
" P	106	-0.443	1.493	-0.094	+0.044	453	75	0.165
" K	188	-0.511	1.323	+0.002	+0.026	449	66	0.147
" L	273	-0.576	1.383	-0.007	+0.026	446	69	0.155
" M	295	-0.932	1.432	+0.048	+0.004	428	72	0.168
" N	357	-1.344	1.560	+0.094	+0.032	408	78	0.191
" O	219	-2.474	1.299	+0.166	+0.075	351	65	0.182

The lines are here ordered according to their mean weight, which varies between 642 mg and 351 mg. The *standard deviation* (σ) varies between 109 mg and 64 mg and seems to depend on the magnitude of the beans, being nearly proportional to their mean weight. This fact is shown by the last column, which gives the quotient between the standard deviation and the mean weight of the beans. Taking the mean of the numbers in the last column, we find that the standard deviation amounts to 15,7 % of the weight of the beans.

The frequency curves of most pure lines show a good agreement with the normal curve. Some pure lines, however, have a frequency curve with a notable *skewness*, as the lines D, S, R, P, N and O. The greatest value of the skewness occurs for the line O, where $\beta_3 = +0.166$. As to the *excess*, we find that a negative excess occurs rather seldom. The greatest positive excess occurs at the lines G and O, amounting at the most (in the line G) to +0.032. The form of the frequency curve of the line O, which has the greatest deviation from the normal curve, is shown in fig. 10. In fig. 8 and 9 I give the frequency curves of the lines A and G. The agreement between theory and observation is generally tolerably good, the most notable exception occurring in line O, where the number of beans with the mean weight 375 mg seems to be too small.

On the connexion between the values of the parameters and hereditary circumstances I have made some researches, till now with negative result. When it becomes possible to compare the results from many generations, it seems probable that such a study will show itself more fertile. For the present I will only point out the simple and instructive description of a frequency curve that is given through the coefficients β_3 and β_4 . They give a most concentrated idea of the curve and allow one to calculate the theoretical frequency curve in the most simple manner.

Fourth Example. *Distribution of frequency in the cephalic index of 22505 Swedish recruits.*

In an important work »*Anthropologia suecica*» M. RETZIUS and FÜRST have studied the Swedish recruits in the years 1897 and 1898 in different respects of interest for statistical anthropology. From this work I take out the following numbers relating to the cephalic index (»Schädelindex») of 22505 Swedish recruits in the year 1897.

Cephalic index	65.5	67.5	69.5	71.5	73.5	75.5	77.5
Class	— 6	— 5	— 4	— 3	— 2	— 1	0
Frequency	12	87	510	1952	4346	6039	5050
Cephalic index	79.5	81.5	83.5	85.5	87.5	89.5	
Class	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 6	
Frequency	2822	1172	377	94	31	13	

The class range is here equal to two integer cephalic indices, the above numbers being the sum of the frequencies relating to two consecutive cephalic indices in the table of RETZIUS and FÜRST. The provisional origin is taken at 77.5. The reckoning according to the given scheme gave the following values of the parameters:

$$\begin{aligned} \mu_0 &= 22505, \\ b &= - 0.721, \\ \sigma &= + 1.544, \\ \beta_3 &= - 0.0404, \\ \beta_4 &= + 0.0151. \end{aligned}$$

Hence the mean was equal to 76.058, and the standard deviation expressed in cephalic indices was 3.088.

The above results were obtained with the *uncorrected* values of the moments.

In fig. 11 is shown the graphical comparison between theory and observation. The agreement is very perfect as may be expected from such an extensive material.

It must be remarked that this treatment of the beautiful material relating to the cephalic index of Swedish recruits has a quite provisional character. In the above calculation 22 individuals with extreme index values have been excluded. Their retaining claims a fuller discussion of the problem than is for the moment possible for me to give.

Fifth Example. *Typhoid fever in Lund 1905.*

As a last example of frequency curves belonging to type *A*, I take a case from medical statistics, namely the typhoid fever in Lund in this year. The following numbers are taken from an official account on this fever, which appeared in »Lunds Dagblad» in September this year. As the numbers fluctuated rather much from one day to another, I have taken together the results for three con-

secutive days. Thus on the 7th, 8th and 9th August there occurred in all 11 cases of typhoid fever, on the 10th, 11th and 12th in all 24 cases a. s. o.

Date	Aug. 5,	8,	11,	14,	17,	20,	23,	26,	29,	Sept. 1,	4,	7.
Frequency	2,	11,	24,	49,	46,	32,	16,	23,	10,	5,	2,	0.5.
Class	-6,	-5,	-4,	-3,	-2,	-1,	0,	+1,	+2,	+3,	+4,	+5.

Hence the class range is equal to 3 days. The provisional origin was taken at the 23th August.

For the parameters of the theoretical frequency curve I obtained the values

$$\begin{aligned}\mu_0 &= 220.5, \\ b &= -1.658, \\ \sigma &= +2.058, \\ \beta_3 &= -0.0882, \\ \beta_4 &= -0.0047.\end{aligned}$$

The mean corresponds to the date Aug. 18.0, the standard deviation amounts to 6.17 days. The comparison between theory and observation is shown from fig. 12. The discrepancies are here rather great, as may be expected from such material. It is obviously connected with great difficulties to determine with some certainty the beginning of the disease in each individual case. Probably accuracy may be augmented if the attention of the physicians is directed to the importance of accurate statistical determinations.

Notwithstanding the imperfection of the material, we find that the theoretical frequency curve reproduces the general features of the curve indicated by the observations fairly well. The negative skewness implies that the increase in the number of infected persons is more rapid than the subsequent decrease after the maximum is reached. This is perhaps characteristic for all such fever maladies.

IV. Type B of frequency curves.

This type is expressed by means of the generating function

$$(10) \quad \phi(x) = \frac{e^{-\lambda} \sin \pi x}{\pi} \left[\frac{1}{x} - \frac{\lambda}{1(x-1)} + \frac{\lambda^2}{2(x-2)} - \frac{\lambda^3}{3(x-3)} + \dots \right].$$

We write $\phi_\lambda(x)$, for $\phi(x)$, if we want to indicate that a parameter λ occurs in $\phi(x)$. We find from (10) that $\phi(x)$ is a *whole transcendent function* of x , which hence is infinite for no finite value of x . For $x = -1, -2, -3, \dots$ $\phi(x)$ vanishes. Considering $\phi_\lambda(x)$ as a function of λ , we also find that this function is a whole transcendent function of λ . I have given (*»Meddelanden»* N:o 26) for $\phi(x)$ also another form, as an integral, namely

$$(10^*) \quad \phi(x) = \frac{e^{-\lambda}}{\pi} \int_0^{\pi} e^{\lambda \cos \omega} \cos [\lambda \sin \omega - x\omega] d\omega,$$

which may sometimes be preferable to the series (10). If r be a *positive integer*, we have

$$(11) \quad \phi(r) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^r}{r!}.$$

In the following investigation we shall find, that, by suitably choosing the parameters c , ω and λ , a frequency curve *approximately* may be represented by means of the formula

$$F(x) = B_0 \phi_{\lambda} \left(\frac{x - c}{\omega} \right).$$

Hence the function $\phi_{\lambda}(x)$ will give for different values of λ the different forms of the frequency curves of type B . In fig. 13 I have reproduced some of these forms, where it may be observed that only integer values of x are taken into consideration. We find that the frequency curves of type B for $x = c$ discontinuously breaks up and possesses a finite value, whereas for $x = \infty$ $\phi_{\lambda}(x)$ tends towards zero. With increasing λ the curves gradually approach the form of the curves of type A .

More generally we may write a frequency curve of the type B in the form

$$(12) \quad F(x) = B_0 \phi(x) + B_1 \Delta \phi(x) + B_2 \Delta^2 \phi(x) + B_3 \Delta^3 \phi(x) + \dots,$$

where («Meddelanden» N:o 27) the coefficients have the following values

$$\begin{aligned} B_0 &= \mu_0', \\ B_1 &= \lambda \mu_0' - \mu_1', \\ |2| B_2 &= \lambda^2 \mu_0' - (2\lambda + 1) \mu_1' + \mu_2', \\ |3| B_3 &= \lambda^3 \mu_0' - (3\lambda^2 + 3\lambda + 2) \mu_1' + 3(\lambda + 1) \mu_2' - \mu_3', \\ |4| B_4 &= \lambda^4 \mu_0' - (4\lambda^3 + 6\lambda^2 + 8\lambda + 6) \mu_1' + (6\lambda^2 + 12\lambda + 11) \mu_2' \\ &\quad - (4\lambda + 6) \mu_3' + \mu_4', \\ &\dots \end{aligned}$$

and $\mu_0', \mu_1', \mu_2', \dots$ are defined by the formula

$$(12^*) \quad \mu_s' = \sum_{-\infty}^{+\infty} x^s F(x), \quad (s = 0, 1, 2, \dots)$$

The parameter λ may be arbitrarily chosen. It is possible to introduce two new parameters, if we write instead of (12)

$$(13) \quad F(x\omega + c) = B_0 \phi(x) + B_1 \Delta \phi(x) + B_2 \Delta^2 \phi(x) + B_3 \Delta^3 \phi(x) + \dots$$

It is now

$$\begin{aligned} B_r &= \sum_{x=-\infty}^{+\infty} T_r(x) F(x\omega + c) \\ &= \sum T_r\left(\frac{y-c}{\omega}\right) F(y), \end{aligned}$$

in which formula y must assume all values given by the relation

$$y = x\omega + c,$$

where $x = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ in *inf.*

As to $T_r(x)$ we know that it is a polynome of degree r in x . If we write

$$T_r(x) = \delta_0^{(r)} x^r + \delta_1^{(r)} x^{r-1} + \dots + \delta_{r-1}^{(r)} x + \delta_r^{(r)},$$

and observe that

$$\mu_s'' = \omega \sum (y-c)^s F(y) = \omega \sum_{r=-\infty}^{+\infty} (r\omega)^s F(c + r\omega)$$

is dependent on c , but independent of ω (if ω is rather small), we have

$$\omega^{r+1} B_r = \delta_0^{(r)} \mu_r'' + \delta_1^{(r)} \omega \mu_{r-1}'' + \dots + \delta_{r-1}^{(r)} \omega^{r-1} \mu_1'' + \delta_r^{(r)} \omega^r \mu_0'',$$

so that the values of B_0, B_1, \dots now are

$$\begin{aligned} \omega B_0 &= \mu_0'', \\ \omega^2 B_1 &= \lambda \omega \mu_0'' - \mu_1'', \\ (14) \quad \omega^3 \underline{2} B_2 &= \lambda^2 \omega^2 \mu_0'' - (2\lambda + 1) \omega \mu_1'' + \mu_2'', \\ \omega^4 \underline{3} B_3 &= \lambda^3 \omega^3 \mu_0'' - (3\lambda^2 + 3\lambda + 2) \omega^2 \mu_1'' + 3(\lambda + 1) \omega \mu_2'' - \mu_3'', \\ \omega^5 \underline{4} B_4 &= \lambda^4 \omega^4 \mu_0'' - (4\lambda^3 + 6\lambda^2 + 8\lambda + 6) \omega^3 \mu_1'' + (6\lambda^2 + 12\lambda + 11) \omega^2 \mu_2'' \\ &\quad - (4\lambda + 6) \omega \mu_3'' + \mu_4'', \\ &\dots \end{aligned}$$

The frequency curves of the type B may be treated mathematically in different manners. In the general formula (13) ω, b and λ may be arbitrarily chosen. The greatest convergency is generally attained if these constants are determined in such a manner that $B_1 = B_2 = B_3 = 0$. It is, however, *not necessary* to choose the parameters in this manner. Sometimes it will be found convenient to give to λ, c or ω determinate values. We will treat some of these values.

1:0. We put $\omega = 1$ and $c = 0$.

It is now

$$(15) \quad F(x) = B_0 \phi_\lambda(x) + B_1 \Delta \phi + B_2 \Delta^2 \phi + B_3 \Delta^3 \phi + \dots$$

Dividing the expressions for B_1, B_2, B_3, \dots by B_0 , we obtain, if we put

$$(16^*) \quad \mu_0' \nu_s' = \mu_s',$$

$$\begin{aligned}
 & B_1 = B_0(\lambda - \nu_1'), \\
 (16) \quad & \underline{2} B_2 = B_0(\lambda^2 - (2\lambda + 1)\nu_1' + \nu_2'), \\
 & \underline{3} B_3 = B_0(\lambda^3 - (3\lambda^2 + 3\lambda + 2)\nu_1' + 3(\lambda + 1)\nu_2' - \nu_3'), \\
 & \underline{4} B_4 = B_0(\lambda^4 - (4\lambda^3 + 6\lambda^2 + 8\lambda + 6)\nu_1' + (6\lambda^2 + 12\lambda + 11)\nu_2' \\
 & \quad - (4\lambda + 6)\nu_3' + \nu_4'), \\
 & \quad \dots
 \end{aligned}$$

We give to λ such a value that the coefficient B_1 vanishes. We then have, putting $\nu_1' = b$,

$$\begin{aligned}
 & B_1 = 0, \\
 \underline{2} B_2 &= B_0(\nu_2' - b^2 - b), \\
 \underline{3} B_3 &= B_0(-2b^3 - 3b^2 - 2b + 3b\nu_2' + 3\nu_2' - \nu_3'), \\
 \underline{4} B_4 &= B_0(-3b^4 - 6b^3 - 8b^2 - 6b + (6b^2 + 12b + 11)\nu_2' \\
 & \quad - (4b + 6)\nu_3' + \nu_4'), \\
 & \quad \dots
 \end{aligned}$$

We here introduce the moments about the mean that are defined by the equations

$$(17^*) \quad \mu_s \nu_s = \Sigma (x - b)^s F(x) \quad (s = 0, 1, 2, \dots),$$

b being the coordinate of the mean, so that

$$\begin{aligned}
 \nu_2' &= \nu_2 + b^2, \\
 \nu_3' &= \nu_3 + 3b\nu_2 + b^3, \\
 \nu_4' &= \nu_4 + 4b\nu_3 + 6b^2\nu_2 + b^4, \\
 & \quad \dots
 \end{aligned}$$

which relations are obvious, if we remember that the mean is determined in such a manner that the first moment about it vanishes.

The expressions for B_2 , B_3 and B_4 now assume the simple form

$$\begin{aligned}
 (17) \quad & \underline{2} B_2 = B_0(\nu_2 - b), \\
 & \underline{3} B_3 = B_0(-\nu_3 + 3\nu_2 - 2b), \\
 & \underline{4} B_4 = B_0(\nu_4 - 6\nu_3 - 6b\nu_2 + 11\nu_2 + 3b^2 - 6b), \\
 & \quad \dots
 \end{aligned}$$

When the moments about the mean are known, the coefficients B_2 , B_3 , B_4 are easily obtained from (17), and we have

$$(17^{**}) \quad F(x) = \mu_0 \phi_\lambda(x) + B_2 \Delta^2 \phi + B_3 \Delta^3 \phi + B_4 \Delta^4 \phi + \dots,$$

where now $\lambda = b = \nu_1'$.

2:o. We put $\omega = 1$, leaving c undetermined.

If we employ the parameters c and λ to make vanish the coefficients B_1 and B_2 , we now have

$$\begin{aligned} B_0 &= \mu_0, \\ c &= b - \nu_2, \\ \lambda &= \nu_2, \end{aligned}$$

and it is

$$\begin{aligned} 3B_3 &= \mu_0(\nu_2 - \nu_3), \\ 4B_4 &= \mu_0(\nu_4 - 3\nu_2^2 - 6\nu_3 + 5\nu_2), \end{aligned}$$

where it is supposed that

$$\Sigma (c + x)^s F(c + x) = \Sigma x^s F(x) = \mu_s'.$$

3:0. We determine λ , ω and c in such a manner that $B_1 = B_2 = B_3 = 0$. Multiplying (13) by 1, x , x^2 and x^3 , we then obtain the equations

$$(18) \quad \begin{aligned} \sum_{x=-\infty}^{+\infty} F(x\omega + c) &= B_0 \Sigma \psi(x) = B_0, \\ \Sigma x F(x\omega + c) &= B_0 \Sigma x\psi(x) = B_0 \lambda, \\ \Sigma x^2 F(x\omega + c) &= B_0 \Sigma x^2\psi(x) = B_0 (\lambda^2 + \lambda), \\ \Sigma x^3 F(x\omega + c) &= B_0 \Sigma x^3\psi(x) = B_0 (\lambda^3 + 3\lambda^2 + \lambda). \end{aligned}$$

These equations may be regarded as exact ones. For solving them in respect to B_0 , ω , b , λ we must have recourse to approximations. Defining the moments μ_s' of the frequency curve about a provisional origin by the equation (12*), we suppose that

$$(19) \quad \mu_s' = \sum_{x=-\infty}^{+\infty} (x\omega + c)^s \omega F(x\omega + c)$$

and hence — using this value of μ_s' — we have

$$\begin{aligned} \omega \Sigma F(x\omega + c) &= \mu_0', \\ \omega^2 \Sigma x F(x\omega + c) &= \omega \Sigma (\omega x + c - c) F(x\omega + c) \\ &= \mu_1' - c\mu_0', \\ \omega^3 \Sigma x^2 F(x\omega + c) &= \omega \Sigma (\omega x + c - c)^2 F(x\omega + c) \\ &= \mu_2' - 2c\mu_1' + c^2\mu_0', \\ \omega^4 \Sigma x^3 F(x\omega + c) &= \mu_3' - 3c\mu_2' + 3c^2\mu_1' - c^3\mu_0'. \end{aligned}$$

The above equations (16) then assume the form

$$\begin{aligned} \mu_0' &= \omega B_0, \\ \mu_1' - c\mu_0' &= \omega^2 B_0 \lambda, \\ \mu_2' - 2c\mu_1' + c^2\mu_0' &= \omega^3 B_0 (\lambda^2 + \lambda), \\ \mu_3' - 3c\mu_2' + 3c^2\mu_1' - c^3\mu_0' &= \omega^4 B_0 (\lambda^3 + 3\lambda^2 + \lambda), \end{aligned}$$

or, putting

$$\mu_0 \nu_s' = \mu_s',$$

$$\begin{aligned} \nu_1' - c &= \omega\lambda, \\ \nu_2' - 2c\nu_1' + c^2 &= \omega^2(\lambda^2 + \lambda), \\ \nu_3' - 3c\nu_2' + 3c^2\nu_1' - c^3 &= \omega^3(\lambda^3 + 3\lambda^2 + \lambda). \end{aligned}$$

In these relations we introduce the moments about the mean, the coordinate of which relating to the provisional origin is called b . The above equations now assume the form

$$\begin{aligned} b - c &= \omega\lambda, \\ \nu_2 + (b - c)^2 &= \omega^2(\lambda^2 + \lambda), \\ \nu_3 + 3\nu_2(b - c) + (b - c)^3 &= \omega^3(\lambda^3 + 3\lambda^2 + \lambda), \end{aligned}$$

the solution of which is

$$(20) \quad \begin{cases} \omega = \nu_3 : \nu_2, \\ \lambda = \nu_3^2 : \nu_2^2, \\ c = b - \nu_2^2 : \nu_3. \end{cases}$$

Finally we have

$$B_0 = \mu_0 : \omega.$$

Hence we find that the parameters are very easily calculated from the moments of the frequency curve.

We now have

$$(21) \quad F(x\omega + c) = B_0\phi(x) + B_4\Delta^4\phi(x) + B_5\Delta^5\phi(x) + \dots,$$

where generally it is superfluous to know the values of B_4 and B_5 .

Putting

$$y = x\omega + c$$

we may write this equation in the form

$$(21^*) \quad F(y) = B_0\phi\left(\frac{y-c}{\omega}\right) + B_4\Delta^4\phi + B_5\Delta^5\phi + \dots$$

In applying this formula it is necessary to define $\phi(x)$ by the general formula (10), the argument being generally not an integer. Unfortunately there does not yet exist a table of the function $\phi(x)$ for such values of the argument as are not integer.

As a control we derive from (20) the relation:

$$(22) \quad \omega^2\lambda = \sigma^2,$$

where σ signifies the standard deviation.

For the coefficient B_4 I have obtained the value

$$(23) \quad B_4 = \frac{B_0}{24\omega^4} \left(\nu_4 - 3\nu_2^2 - \frac{\nu_3^2}{\nu_2} \right).$$

4.0. *The quantities λ and ω are so determined that $B_1 = B_2 = 0$, whereas c is chosen arbitrarily.*

The method 3.0 may seem to be the best one, but has the inconvenience of giving to ω very small values and to λ very large ones, when ν_3 is vanishing. Hence it is not applicable when the curve differs little from the normal-form. The following method seems to have a general applicability and has also the advantage of a certain similarity with the process used for the curves of type *A*.

We begin with choosing a determinate value for the quantity c . *In many cases it will be found convenient to identify c with the abscissa of the discontinuous end of the frequency curve.*

When the value of the quantity c is determined (and it must be borne in mind that this determination is to a certain degree arbitrary) we dispose of λ and ω in such a manner that the coefficients B_1 and B_2 vanish. According to (14) we thus get the equations of condition

$$(24) \quad \begin{aligned} 0 &= \lambda \omega \mu_0'' - \mu_1'', \\ 0 &= \lambda^2 \omega^2 \mu_0'' - (2\lambda + 1) \omega \mu_1'' + \mu_2''. \end{aligned}$$

For solving these equations we observe that the moments μ_s'' , which are taken about the point c , may be expressed through the moments μ_s about the mean. We have indeed *approximately*:

$$\mu_s'' = \mu_s + \binom{s}{1} (b-c) \mu_{s-1} + \binom{s}{2} (b-c)^2 \mu_{s-2} + \dots$$

As $\mu_1 = 0$ we thus obtain

$$\begin{aligned} \mu_0'' &= \mu_0, \\ \mu_1'' &= (b-c) \mu_0, \\ \mu_2'' &= \mu_2 + (b-c)^2 \mu_0, \\ \mu_3'' &= \mu_3 + 3(b-c) \mu_2 + (b-c)^3 \mu_0, \\ \mu_4'' &= \mu_4 + 4(b-c) \mu_3 + 6(b-c)^2 \mu_2 + (b-c)^4 \mu_0, \\ &\dots \end{aligned}$$

Substituting these values in (24) we get the following values of λ and ω :

$$(25) \quad \begin{cases} \lambda = \frac{(b-c)^2}{\sigma^2}, \\ \omega = \frac{\sigma^2}{b-c}, \end{cases}$$

where $\sigma^2 (= \nu_2)$ signifies the standard deviation.

As to B_3 and B_4 they now assume the values:

$$(26) \quad \begin{aligned} \omega^3 \underline{3} B_3 &= B_0 [\omega \nu_2 - \nu_3], \\ \omega^4 \underline{4} B_4 &= B_0 [\nu_4 - 3\nu_2^2 + 5\omega^2 \nu_2 - 6\omega \nu_3]. \end{aligned}$$

Hence we may write the frequency curve in the form

$$(27) \quad F(x\omega + c) = \frac{\mu_0}{\omega} [\phi(x) + \gamma_3 \Delta^3 \phi + \gamma_4 \Delta^4 \phi + \dots],$$

where

$$(28) \quad \begin{aligned} \omega^3 \left\{ \begin{aligned} \underline{3} \gamma_3 &= \omega \nu_2 - \nu_3, \\ \underline{4} \gamma_4 &= \nu_4 - 3\nu_2^2 + 5\omega^2 \nu_2 - 6\omega \nu_3. \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

These expressions we may also write in the following form

$$\begin{aligned} \gamma_3 &= \frac{1}{\underline{3}} \lambda - \frac{\nu_3}{\underline{3} \sigma^3} \lambda^{\frac{3}{2}}, \\ \gamma_4 &= \frac{\nu_4 - 3\nu_2^2}{\underline{4} \sigma^4} \lambda^2 + \frac{5}{24} \lambda - \frac{6}{\underline{4} \sigma^3} \frac{\nu_3}{\sigma^3} \lambda^{\frac{3}{2}}, \end{aligned}$$

or, introducing the coefficients β_3 and β_4 belonging to the curves of type *A*,

$$(29) \quad \begin{cases} \gamma_3 = \frac{1}{\underline{3}} \lambda + \beta_3 \lambda^{\frac{3}{2}}, \\ \gamma_4 = \frac{5}{24} \lambda + \frac{3}{2} \beta_3 \lambda^{\frac{3}{2}} + \beta_4 \lambda^2, \end{cases}$$

in which form the calculation of the coefficients for the curves of type *B* is easily performed.

For graphical construction it will be suitable to write the equation of the frequency curve in the form

$$(30) \quad \frac{\sigma}{\mu_0} F(x\omega + c) = \sqrt{\lambda} [\psi(x) + \gamma_3 \Delta^3 \psi + \gamma_4 \Delta^4 \psi + \dots].$$

The formulæ (25), (27) and (28) contain all that is necessary for the calculation of the curves of type *B*. The numerical operation is substantially the same for the curves of both types. The calculation of μ_0 , ν_2 , ν_3 , ν_4 , σ , b , β_3 , β_4 is executed according to the scheme II. Then λ and ω are calculated with the help of (25), and γ_3 and γ_4 by the formulæ (29). The graphical construction and the comparison with the observation is performed with the help of (30). As for the present the values of the function $\psi(x)$ are tabulated only for integer values of the argument the comparison between observation and theory must take place in graphical manner. The values of $\psi(x)$ for integer values of x are given according to БОРТКЕ-ВИТШ, in tab. E.

It is supposed in these investigations on the curves of type *B*, that

$$(31) \quad \omega \Sigma(x\omega + c)^s F(x\omega + c) = \Sigma x^s F(x),$$

where x takes all integer values between $-\infty$ and $+\infty$. In many cases, however, this relation must be regarded only as a rough approximation. It is necessary to calculate the corrections to this formula and the resulting corrections to the expressions of the parameters of the frequency curve. For want of time I have not at present opportunity to work out these formulæ (the corrections of SHEPPARD are not here sufficient), but will confine myself to making an observation on a single point.

We suppose c to be the abscissa of the discontinuous end of the frequency curve. It is then $0 = F(c - \omega) = F(c - 2\omega) = \dots$. Put $s = 0$.

The area — Y — between the frequency curve and the line of the abscissæ may approximately be written

$$Y = \omega \left[\frac{1}{2} F(c) + F(c + \omega) + F(c + 2\omega) + \dots \right]$$

or also

$$Y = \frac{1}{2} F(c) + F(c + 1) + F(c + 2) + \dots$$

Using the abbreviation

$$\mu_0 = F(c) + F(c + 1) + F(c + 2) + \dots,$$

which is adequate when *integral* variates are concerned, we thus have

$$\omega \Sigma F(x\omega + c) = \mu_0 + \frac{1}{2} F(c) (\omega - 1),$$

whereas in the preceding investigation the term multiplied by $F(c)$ was omitted.

Using only this correction the equations of condition in case 4:0 take the form

$$(32) \quad \begin{aligned} \mu_0 + \frac{1}{2} F(c) (\omega - 1) &= \omega B_0, \\ \mu_1' &= \omega^2 B_0 \lambda, \\ \mu_2' &= \omega^3 B_0 (\lambda^2 + \lambda), \end{aligned}$$

which equations may be exactly solved.

Putting

$$h = \frac{F(c)}{\mu_0}$$

we obtain ω from the equation

$$(33) \quad \omega^2 + 2\omega \left[\frac{1}{h} - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} b - \frac{\sigma^2}{2b} \right] = \frac{\sigma^2}{b} \left(\frac{2}{h} - 1 \right) - b,$$

then λ from

$$(33^*) \quad \omega \lambda = \frac{b}{1 + \frac{1}{2} h (\omega - 1)},$$

and B_0 from

$$(33^{**}) \quad B_0 = \frac{\mu_0}{\omega} \left(1 + \frac{1}{2} h (\omega - 1) \right).$$

When $F(c)$ is small, we may conveniently develop the solution of (32) into powers of $F(c)$. In the first approximation we then obtain the solution (25), which solution will suffice when $F(c)$ is very small. Compare in this respect the problem 8 below.

V. Numerical applications.

I will apply the above general theory to some examples.

Sixth Example. *Number of petals of Ranunculus bulbosus.*

The following numbers are given by HUGO DE VRIES and treated by PEARSON («Contributions» 1895).

Class	0	1	2	3	4	5
Number of petals	5	6	7	8	9	10
Frequency	133	55	23	7	2	2

We will represent this numbers by means of a frequency curve of form B , putting $c = 0$, $\omega = 1$, that is using method 1:0 above.

We find by a comparison between these numbers and fig. 13 that λ has a value smaller than unity. Placing the provisional origin at the class 0, representing the individuals with 5 petals, we find

$$\begin{aligned} \mu_0' &= 222, \\ \mu_1' &= 140, \\ \mu_2' &= 292. \end{aligned}$$

More moments it is not necessary to calculate in this case. From these numbers we obtain

$$\begin{aligned} \nu_1' &= + 0.631 \\ \nu_2' &= + 1.314 \qquad \nu_2 = + 0.916 \end{aligned}$$

As the value of ν_1' seems to be not very distant from the value of λ , it will be advantageous to use method 1:0 and, according to the formulæ (16) and (17), we then obtain

$$\begin{aligned} \lambda &= \nu_1' = + 0.631, \\ B_2 &= + 31.5, \end{aligned}$$

so that

$$F(x) = 222 \psi(x) + 31.5 \Delta^2 \psi.$$

From the table of BORTKEWITSCH we obtain through interpolation the following values of $\psi_\lambda(x)$ corresponding to $\lambda = 0.631$. The values of $\Delta\psi$ and $\Delta^2\psi$ are obtained by taking the differences:

x	$\psi(x)$	$\Delta\psi$	$\Delta^2\psi$
0	+ 0.532	+ 0.532	+ 0.532
1	+ 0.336	— 0.196	— 0.728
2	+ 0.106	— 0.230	— 0.034
3	+ 0.022	— 0.084	+ 0.146
4	+ 0.003	— 0.018	+ 0.066
5	+ 0.000	— 0.003	+ 0.015

It is to be observed that $\psi(-1) = \psi(-2) = 0$, as follows directly from the formula (10).

We now derive the following values of $F(x)$:

x	$222\psi(x)$	$31.5\Delta^2\psi$	$F(x)$	
			Calc.	Obs.
0	+ 118.1	+ 16.8	134.9	133
1	+ 74.5	- 22.9	51.6	55
2	+ 23.6	- 1.1	22.5	23
3	+ 4.9	+ 4.6	9.5	7
4	+ 0.8	+ 2.1	2.9	2
5	+ 0.1	+ 0.5	0.6	2

The agreement is as complete as can be wished. The effect of the second differences is clearly pronounced and is rather considerable for $x=0$ and $x=1$.

A great advantage with this method is, that it is only necessary to calculate directly the values of $\psi(x)$, whereas the values of $\Delta\psi$, $\Delta^2\psi$, $\Delta^3\psi$, . . . are obtained through the numerical differences of $\psi(x)$, which are easily obtained.

Seventh Example. *Variation in the failing percentage of barley.*

In his lectures on the theory of heredity W. JOHANNSEN has given some instances of frequency curves that belong to type *B*. From these I choose the following one relating to the failing of the grains of common barley.

Mean percent of failing	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5	37.5	42.5	47.5	52.5
Class	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frequency	53	131	180	170	111	50	22	22	7	2	1

From these numbers we obtain the following values of the moments

$$\begin{aligned} \mu_0 &= 749, & \nu_2 &+ 3.063, \\ b &= + 2.757, & \nu_3 &+ 4.250, \\ & & \nu_4 &+ 35.464. \end{aligned}$$

Calculating now ω , λ and c according to the third method above, we obtain

$$\begin{aligned} \omega &+ 1.388, \\ \lambda &+ 1.591, \\ c &+ 0.549, \end{aligned}$$

so that

$$F(x \ 1.388 + 0.549) = 539.62 \psi(x) + 0.6 \Delta^4 \psi.$$

The comparison between theory and observation is seen from diagram 15. The second term in the above expression has here been neglected.

Eighth Example. *Distribution of glands of swine, given in Example I, treated as belonging to type B of frequency curves.*

As has been already remarked, the frequency curve in this case may alternatively be regarded as belonging to type A or to type B. I have treated it before as an A-curve, and will now consider the same numbers belonging to a curve of type B.

Using the 4th method above, we obtain, according to the formulæ (25) and (29):

$$\begin{aligned} b - c &= 2.082 \sigma, \\ \lambda &= 4.326, \\ \omega &= 0.480 \sigma, \\ \gamma_3 &= -0.042, \\ \gamma_4 &= -0.16. \end{aligned}$$

Diagram 16 shows the comparison with the observations¹⁾. As might be expected, the agreement is somewhat closer at the discontinuous end than in example I, but, generally speaking, either curve may be used to represent the observations. Theoretically the curve B may be preferred.

Other examples of frequency curves belonging to type B may be gathered from different domains of statistics. I will confine myself, however, to the above given examples till two *desiderata* of the theory of these curves have been filled up. In the first place it is necessary to calculate a table of the function $\phi_\lambda(x)$, giving the values of this function for fractional values of the argument. In the second place it is necessary to calculate the error of the formula

$$\omega \Sigma (x\omega + c)^s F(x\omega + c) = \Sigma x^s F(x),$$

on which the computation of the parameters of the curve depends.

VI. Dissection of a frequency curve into components.

This problem has been first treated by PEARSON. I have made during my lectures on the theory of probability this year some researches into this subject, and I will give here some extracts of the results obtained, reserving a fuller report till another opportunity.

Let us suppose that a given frequency curve is the resultant of two frequency curves belonging to the type A, with the corresponding values of β_3 and β_4 equal to zero. We hence have

$$(34) \quad F(x) = c_1 \varphi_1 + c_2 \varphi_2,$$

¹⁾ In constructing the curve, the coefficients γ_3 and γ_4 have been neglected.

where c_1 and c_2 are certain constants and φ_1 and φ_2 are two normal curves, each with its special value of the coordinates of the mean (b_1 and b_2) and of the standard deviations σ_1 and σ_2 .

Designating now with

$$\varphi = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-b)^2}{2\sigma^2}}$$

another normal-curve, we have, according to the general theory,

$$(35) \quad c_1 \varphi_1 + c_2 \varphi_2 = A_0 \varphi + A_3 \varphi^{\text{III}} + A_4 \varphi^{\text{IV}} + \dots,$$

b and σ being determined in such a manner, that A_1 and A_2 shall vanish.

The formula (26) in the »Meddelanden» N:o 27 gives us the following general expression of the coefficients A_r ,

$$A_r = \frac{\sigma^{2r}}{r} \int_{-\infty}^{+\infty} [c_1 \varphi_1 + c_2 \varphi_2] R_r(x) dx,$$

where $R_r(x)$ is given through formula (28*) in the same memoir.

Multiplying (35) successively by $R_0, R_1, R_2, R_3, \dots$ and integrating, we now obtain the following equations for determining the unknown quantities $c_1, b_1, \sigma_1; c_2, b_2, \sigma_2$. For the sake of convenience we have introduced the denominations

$$(36) \quad \left\{ \begin{array}{ll} b_1 x_1 = b_1^2 + \sigma_1^2 - \sigma^2, & \\ b_2 x_2 = b_2^2 + \sigma_2^2 - \sigma^2, & \\ y_1 = b_1, & z_1 = c_1, \\ y_2 = b_2, & z_2 = c_2, \\ & A_0 \zeta_s = |s A_s. \end{array} \right.$$

The equations now take the form

$$(37) \quad \begin{array}{ll} z_1 + & z_2 = 1, \\ y_1 z_1 + & y_2 z_2 = 0, \\ x_1 y_1 z_1 + & x_2 y_2 z_2 = 0, \\ y_1^2 z_1 (3x_1 - 2y_1) + & y_2^2 z_2 (3x_2 - 2y_2) = -\zeta_3, \\ y_1^2 z_1 (3x_1^2 - 2y_1^2) + & y_2^2 z_2 (3x_2^2 - 2y_2^2) = \zeta_4, \\ y_1^3 z_1 (15x_1^2 - 20x_1 y_1 + 6y_1^2) + & y_2^3 z_2 (15x_2^2 - 20x_2 y_2 + 6y_2^2) = -\zeta_5. \end{array}$$

From which equations the six unknown quantities $x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2$ are to be calculated. It is to be observed that ζ_3, ζ_4 and ζ_5 are known functions of the moments of the given frequency curve.

We have indeed

$$(38) \quad \zeta_s = |s \sigma^s \beta_s,$$

where β_s (for $s = 3, 4, 5, \dots$) are the characteristics of the frequency curve (Compare (5*)).

The solution of the above equations is dependent on a certain *nonic*, given by PEARSON.

We commence with the elimination of the quantities x_2 , z_1 and z_2 by means of the relations

$$(39) \quad \begin{aligned} x_2 &= x_1, \\ (y_1 - y_2)z_1 &= -y_2, \\ (y_1 - y_2)z_2 &= y_1. \end{aligned}$$

We then obtain the equations

$$\begin{aligned} y_1 y_2 [3x_1 - 2(y_1 + y_2)] &= \zeta_3, \\ y_1 y_2 [3x_1^2 - 2(y_1^2 + y_1 y_2 + y_2^2)] &= -\zeta_4, \\ y_1 y_2 [15x_1^2 (y_1 + y_2) - 20x_1 (y_1^2 + y_1 y_2 + y_2^2) + 6(y_1^3 + y_1^2 y_2 + y_1 y_2^2 + y_2^3)] &= \zeta_5. \end{aligned}$$

Putting

$$(40) \quad \begin{aligned} u &= y_1 y_2, \\ w &= y_1 y_2 (y_1 + y_2), \end{aligned}$$

we obtain the fundamental equations

$$(41) \quad \begin{cases} w - \zeta_3 = \frac{6\zeta_3 u^3 - 3\zeta_5 u^2 - 9\zeta_3 \zeta_4 u - 6\zeta_3^3}{2u^3 + 3\zeta_4 u + 4\zeta_3^2}, \\ 2(w - \zeta_3)^2 = 6u^3 + 3\zeta_4 u + 3\zeta_3^2. \end{cases}$$

Eliminating w between these equations we obtain the *nonic* of PEARSON:

$$(42) \quad \begin{aligned} 0 = & 24u^9 + 84\zeta_4 u^7 + 36\zeta_3^2 u^6 + 72\zeta_3 \zeta_5 u^5 + 90\zeta_4^2 u^5 \\ & - 18\zeta_5^2 u^4 + 444\zeta_3^2 \zeta_4 u^4 + (288\zeta_3^4 - 108\zeta_3 \zeta_4 \zeta_5 + 27\zeta_4^3) u^3 \\ & - (63\zeta_3^2 \zeta_4^2 + 72\zeta_3^3 \zeta_5) u^2 - 96\zeta_3^4 \zeta_4 u - 24\zeta_3^6. \end{aligned}$$

When a root of this equation is found, we may calculate the corresponding value of w from either of the equations (41). The values of y_1 and y_2 are then equal to the roots of the equation

$$(43) \quad y^2 - \frac{w}{u} y + u = 0.$$

The value of $x_1 = x_2$ is found from the equation

$$(44) \quad 3ux_1 = 2w + \zeta_3.$$

Finally we get the values of z_1 and z_2 from (39). These equations are all linear with exception of (43). For obtaining real solutions from this equation it is necessary that the inequality

$$w^2 - 4u^3 > 0$$

is fulfilled. It may also be observed that for the reality of a solution it is necessary that the resulting values of σ_1^2 and σ_2^2 — obtained through the first two equations (36) — should be positive.

It is here supposed that we have solved the *nonic* (42). The solution of an equation of the ninth degree, where almost all powers, to the ninth, of the un-

known quantity are existing, is, however, a very laborious operation. Mr PEARSON has indeed possessed the energy to perform this heroic task in some instances in his first memoir on these topics from the year 1894. But I fear that he will have few successors, if the dissection of the frequency curve into two components is not very urgent.

A somewhat less tedious work may lead to the knowledge of the roots, if we start from the two equations (41).

Writing

$$(45) \quad \begin{cases} U_1 = 6\zeta_3 u^3 - 3\zeta_5 u^2 - 9\zeta_3 \zeta_4 u - 6\zeta_3^3, \\ U_2 = 2u^3 + 3\zeta_4 u + 4\zeta_3^2, \\ 2U_3 = 6u^3 + 3\zeta_4 u + 3\zeta_3^2, \end{cases}$$

we have

$$(46) \quad \begin{cases} w - \zeta_3 = \frac{U_1}{U_2}, \\ (w - \zeta_3)^2 = U_3, \end{cases}$$

and here U_1 , U_2 and U_3 are polynomials in u of the third degree. If the roots of the equations $U_1 = U_2 = U_3 = 0$ be known, the roots of the nonic may be easily discussed without solving the equation (42).

With this aim we construct the two curves defined by (46). We call them I and II. If

$$\begin{aligned} U_1 &= 6\zeta_3 (u - a_1)(u - a_2)(u - a_3), \\ U_2 &= 2 (u - b_1)(u - b_2)(u - b_3), \\ U_3 &= 3 (u - c_1)(u - c_2)(u - c_3), \end{aligned}$$

we find that I has infinite branches for $u = b_1$, $u = b_2$ and $u = b_3$. The curve II has generally a parabola-like appearance. Supposing c_1 and c_2 to be imaginary we have for instance the following form of the curves I and II — a_1 , a_2 , a_3 and b_1 , b_2 , b_3 being supposed to be all real.

We find from inspection that we must possess in this case 5 real roots of the nonic, the approximate values of which are directly found from the figure. For a more detailed knowledge of the roots we may calculate the curves more accurately in the neighbourhood of these approximate values.

I have applied this method to some instances and have found the determination of the values of the roots in this manner tolerably easy.

There is, however, enough labour left to discourage an inquirer from operating an mathematical dissection of a given frequency curve. In some instances the operation may be performed in an easier manner.

1.0 Suppose the values of b_1 and b_2 to be given. The dissection of the frequency curve is then very easy. Using the same denominations as before ($b_1 = y_1$, $b_2 = y_2$ a. s. o.) we get z_1 and z_2 from the relations

$$\begin{aligned} (y_1 - y_2) z_1 &= -y_2, \\ (y_1 - y_2) z_2 &= y_1 \end{aligned}$$

and, as $x_1 = x_2 = x$, we now only want an equation for x , which is

$$y_1 y_2 [3x - 2(y_1 + y_2)] = \zeta_3,$$

and the problem is solved.

This method is applicable, whenever the collective object consists of a mixture of two races (types), the mean value of the character in question being known for each of these types.

2:0 *Suppose the given frequency curve to be symmetrical.* This case has been treated by PEARSON (1894). It is found that the two components are then either symmetrically situated to the mean and possess the same number of individuals, or that the two components have the same mean, coinciding with that of the frequency curve. In either case the solution is found through elementary operations.

3:0 *Suppose the two components to possess equal standard deviations.*

Using the same abbreviations as before and putting

$$t = \sigma_1^2 - \sigma^2$$

we now have the equations

$$(47) \quad \begin{aligned} z_1 + z_2 &= 1, \\ b_1 z_1 + b_2 z_2 &= 0, \\ b_1^2 z_1 + b_2^2 z_2 &= -t, \\ b_1^3 z_1 + b_2^3 z_2 &= -\zeta_3, \\ b_1^4 z_1 + b_2^4 z_2 &= 3t^2 + \zeta_4, \end{aligned}$$

from which equations we may eliminate z_1 , z_2 , b_1 and b_2 . The resulting equation for t is then

$$(48) \quad 2t^3 + \zeta_4 t + \zeta_3^2 = 0.$$

When this equation is solved, we find b_1 and b_2 to be the roots of the quadratic

$$(49) \quad y^2 - \frac{\zeta_3}{t} y + t = 0.$$

Finally the values of z_1 and z_2 are found from the two first equations (47).

The supposition here made — that $\sigma_1 = \sigma_2$ — is of a more general character than those made in 1:0 and 2:0. Especially in biology it is a fairly probable supposition that two types found together in the nature often possess *nearly* equal standard deviations. We may then use this method to separate the two components. We find for instance that the 19 pure lines of *Phaseolus vulgaris* cultivated by JOHANNSEN (compare table V) possess standard deviations that are surely not identical, but yet are of the same order. As an instance I have applied this method to the same curve, to which PEARSON first has applied his general method, namely the distribution of the frequency in the breadth of the head of 1000 Neapolitan crabs, measured by WELDON.

The equation (48) gave here, using the values of the moments obtained by PEARSON,

$$t = -11.32,$$

and hence is derived, taking the origin at the mean ($= +16.80$),

$$\sigma = 3.38,$$

$$b_1 = -6.50,$$

$$b_2 = +1.74,$$

$$c_1 = 212,$$

$$c_2 = 788.$$

The form of the components and of the resultant curve is shown from fig. 18, where I have used the same scale as PEARSON for facilitating the comparison with his curves. The value of σ lies between the values, found by PEARSON for the two components. Though his values are rather unequal, we find that the agreement in fig. 18 with the observed frequency curve is satisfactory.

I have applied this method also to artificial mixtures of different pure lines of the table V, and obtained acceptable results that at least may be used as a first approximation to a more accurate solution.

It is to be observed that the equation (48) coincides with the equation $U_3 = 0$, which is required for the general solution. Hence it is no loss of time to *begin* with this approximate method, which may be considered as an *abridged method for dissecting frequency curves*. It must be remarked that the problem of dissecting frequency curves into components is to a certain degree undetermined, there being a possibility of an infinity of solutions. Under such circumstances it is often not judicious to use too rigorous mathematical methods. Which may be understood in just the same manner as it is not judicious to use too many decimals in numerical calculations. It causes a temptation to overestimate the exactness of the result.

Naturally this »abridged method» is only applicable when there are *a priori reasons* for the assumption that the two components have nearly equal standard deviations. There are many problems, where no such reasons exist. If we consider for instance the frequency curve of the errors in astronomical transit observations, we may divide the perturbative sources of error into two different groups. On the one side we have the errors caused by psychological changes in the observer, on the other accidental changes in the instrument and in the environs. It is reasonable that the frequency curve may be considered as the resultant of two (normal) curves, representing respectively the subjective and the objective errors of observations. But there is no reason for the assumption that these two sources of errors should have equal or nearly equal standard deviations. In such a case there would be no meaning in the application of the abridged method.

I have endeavoured to obtain, with the help of ENGSTRÖM, materials for discussing the astronomical problem just now mentioned, which will no doubt furnish an excellent instance relating to the importance of the problem to dissect a frequency curve into unknown components. Up to this moment, however, I have not succeeded in getting a frequency curve with a sufficient number of individual observations.

I have extended the method here named the *abridged* one to the problem concerning the dissection of frequency curves into *three* components. The solution is then dependent on a certain *septic*.

It may occur also that there is reason to consider a given frequency curve as the *resultant of two curves of type B*. Such is for instance the case with many *multimodal* curves obtained in botany. The ray flowers of *Chrysanthemum segetum* belong to this class of curves, as may be found from some statistics gathered by HUGO DE VRIES and LUDWIG¹⁾. During this summer I have counted in a field (where peas were cultivated) the ray flowers of 1015 individuals of this flower. The result is shown from the following table.

Ninth Example. *Distribution of frequency of ray flowers of 1015 specimens of Chrysanthemum segetum.*

Number of ray flowers	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Class	−5	−4	−3	−2	−1	0	+1	+2	+3	+4
Frequency	2	2	3	5	16	265	189	108	77	77
Number of ray flowers	18	19	20	21	22	23	24			
Class	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11			
Frequency	57	66	56	88	2	1	1			

It is very probable that we here have to do with a composite frequency curve, consisting of two curves of type *B*, the one having its summit at 13 rays the other at 21. Fig. 19 shows how these components *could* be constituted. A biological research here can give a definite answer²⁾.

For solving such a problem we can proceed in the following manner, that may be considered only as a preliminary to a definite solution.

Calling the *x* coordinates of the *summits* of the components c_1 and c_2 , and designating with k_1 and k_2 two unknown constants, we may write the frequency curve in the form

$$(50) \quad F(x) = k_1 \psi_1(x - c_1) + k_2 \psi_2(c_2 - x),$$

where ψ_1 and ψ_2 with the characteristics λ_1 and λ_2 respectively designate two curves of type *B*. More generally we may consider the scales ω_1 and ω_2 different (and differing from unity) for the two curves. Limiting ourselves to the form (50), we may consider c_1 and c_2 as known (coinciding with the *x* coordinate for 13 and 21 ray flowers in fig. 19), and hence have four constants λ_1 , λ_2 , k_1 and k_2 to determine from the frequency curve.

¹⁾ Compare the bibliography in DAVENPORT'S »Statistical Methods».

²⁾ If the collection of flowers in question should be composed in the manner indicated by the figure, it follows that the offspring of plants with 23 and 24 ray flowers would generally belong to the 13-type, whereas plants with 11, 10, 9 and 8 ray flowers should give rise to an offspring belonging to the 21-type.

Choosing the *mean* of the given frequency curve as the origin of the coordinates, we obtain through multiplication by 1, x , x^2 and x^3 and adding the equations of condition

$$(51) \quad \begin{aligned} \mu_0 &= k_1 + k_2, \\ 0 &= k_1 \Sigma x \phi_1 (x - c_1) + k_2 \Sigma x \phi_2 (c_2 - x), \\ \mu_2 &= k_1 \Sigma x^2 \phi_1 (x - c_1) + k_2 \Sigma x^2 \phi_2 (c_2 - x), \\ \mu_3 &= k_1 \Sigma x^3 \phi_1 (x - c_1) + k_2 \Sigma x^3 \phi_2 (c_2 - x). \end{aligned}$$

Now we have

$$\begin{aligned} \Sigma x^s \phi_1 (x - c_1) &= \Sigma (c_1 + y)^s \phi_1 (y) \\ &= c_1^s \Sigma \phi_1 + \binom{s}{1} c_1^{s-1} \Sigma y \phi_1 + \binom{s}{2} c_1^{s-2} \Sigma y^2 \phi_1 + \dots, \end{aligned}$$

and in like manner

$$\Sigma x^s \phi_2 (c_2 - x) = c_2^s \Sigma \phi_2 - \binom{s}{1} c_2^{s-1} \Sigma y \phi_2 + \binom{s}{2} c_2^{s-2} \Sigma y^2 \phi_2 + \dots$$

But

$$\begin{aligned} \Sigma \phi &= 1, \\ \Sigma y \phi &= \lambda, \\ \Sigma y^2 \phi &= \lambda^2 + \lambda, \\ \Sigma y^3 \phi &= \lambda^3 + 3\lambda^2 + \lambda, \end{aligned}$$

and hence we have

$$\begin{aligned} \Sigma x \phi_1 (x - c_1) &= c_1 + \lambda_1, \\ \Sigma x^2 \phi_1 (x - c_1) &= c_1^2 + 2c_1 \lambda_1 + \lambda_1^2 + \lambda_1, \\ \Sigma x^3 \phi_1 (x - c_1) &= c_1^3 + 3c_1^2 \lambda_1 + 3c_1 (\lambda_1^2 + \lambda_1) + \lambda_1^3 + 3\lambda_1^2 + \lambda_1, \end{aligned}$$

and corresponding expressions for $\Sigma x^s \phi_2 (c_2 - x)$.

The equations (51) thus take the form

$$\begin{aligned} \mu_0 &= k_1 + k_2, \\ 0 &= k_1 [c_1 + \lambda_1] + k_2 [c_2 - \lambda_2], \\ \mu_2 &= k_1 [c_1^2 + 2c_1 \lambda_1 + \lambda_1^2 + \lambda_1] + k_2 [c_2^2 - 2c_2 \lambda_2 + \lambda_2^2 + \lambda_2], \\ \mu_3 &= k_1 [c_1^3 + 3c_1^2 \lambda_1 + 3c_1 (\lambda_1^2 + \lambda_1) + \lambda_1^3 + 3\lambda_1^2 + \lambda_1] \\ &\quad + k_2 [c_2^3 - 3c_2^2 \lambda_2 + 3c_2 (\lambda_2^2 + \lambda_2) - \lambda_2^3 - 3\lambda_2^2 - \lambda_2]. \end{aligned}$$

From the first two equations we get

$$(52) \quad \begin{aligned} (c_2 - c_1 - \lambda_1 - \lambda_2) k_1 &= + \mu_0 (c_2 - \lambda_2), \\ (c_2 - c_1 - \lambda_1 - \lambda_2) k_2 &= - \mu_0 (c_1 + \lambda_1), \end{aligned}$$

which expressions substituted in the latter two equations give us the relations

$$\begin{aligned} \nu_2 (c_2 - c_1 - \lambda_1 - \lambda_2) &= (c_2 - \lambda_2) [c_1^2 + 2c_1 \lambda_1 + \lambda_1^2 + \lambda_1] - (c_1 + \lambda_1) [c_2^2 - 2c_2 \lambda_2 + \lambda_2^2 + \lambda_2], \\ \nu_3 (c_2 - c_1 - \lambda_1 - \lambda_2) &= (c_2 - \lambda_2) [c_1^3 + 3c_1^2 \lambda_1 + 3c_1 (\lambda_1^2 + \lambda_1) + \lambda_1^3 + 3\lambda_1^2 + \lambda_1] \\ &\quad - (c_1 + \lambda_1) [c_2^3 - 3c_2^2 \lambda_2 + 3c_2 (\lambda_2^2 + \lambda_2) - \lambda_2^3 - 3\lambda_2^2 - \lambda_2]. \end{aligned}$$

I do not know, if these equations can be algebraically solved (h. e. reduced to the 4th degree). They may be numerically discussed, though somewhat laboriously. It seems, however, advisable to take another course.

In many cases the maximum ordinate of the two components may be considered as known with a good approximation. Calling these ordinates y_1 and y_2 we thus get the relations

$$(53) \quad y_1 = k_1 e^{-\lambda_1}, \quad y_2 = k_2 e^{-\lambda_2},$$

by means of which k_1 and k_2 may be eliminated from the equations of condition. It is too possible in this manner to attack the problem somewhat more generally. We may write

$$F(x) = f_1(x) + f_2(x),$$

where

$$\begin{aligned} f_1(x) &= B_0' \phi_1(x) + B_2' \Delta^2 \phi_1, \\ f_2(x) &= B_0'' \phi_1(x) + B_2'' \Delta^2 \phi_2, \end{aligned}$$

or we can make use of another scale than unity, one for each function (say ω_1 and ω_2).

Should it be allowable to put $B_2' = B_2'' = 0$ (or $\omega_1 = \omega_2 = 1$), we get the relations

$$(54) \quad \begin{aligned} \mu_0 &= y_1 e^{\lambda_1} + y_2 e^{\lambda_2}, \\ 0 &= y_1 e^{\lambda_1} (c_1 + \lambda_1) + y_2 e^{\lambda_2} (c_2 - \lambda_2). \end{aligned}$$

These equations indeed are of transcendental nature, but may easily be discussed with the help of graphical methods.

To the tables and diagrams.

Tab. A and Tab. B contain the values, to four decimals, of the probability integral and of the probability function in the form used in this memoir. These tables are extracted from the »New tables of the probability integral» by *W. F. Sheppard* in »*Biometrika*» Vol. II (1903).

Tab. C and Tab. D give the values of the functions φ_3 and φ_4 , used in the formula for frequency curves of type A. The expression of the frequency is

$$\sigma F(x) = \mu_0 [\varphi_0(x) + \beta_3 \varphi_3 + \beta_4 \varphi_4 + \dots].$$

Tab. E gives the value of the function $\psi_\lambda(x)$, used in the formulæ for frequency curves of type B, for *integer* values of x . For such values we have

$$\psi_\lambda(x) = \frac{e^{-\lambda x}}{x},$$

which function is tabulated in the memoir of *Bortkewitsch* »Das Gesetz der kleinen Zahlen», from which this table is extracted.

-
- Fig. 1. Normal curve, $\beta_3 = \beta_4 = 0$.
- » 2. Frequency curve with positive skewness, $\beta_3 = +0.1$, $\beta_4 = 0$.
 - » 3. Frequency curve with positive skewness, $\beta_3 = +0.2$, $\beta_4 = 0$.
 - » 4. Frequency curve with positive excess, $\beta_3 = 0$, $\beta_4 = +0.1$.
 - » 5. Frequency curve with negative excess, $\beta_3 = 0$, $\beta_4 = -0.1$.
 - » 6. Frequency of glands in the leg of female swine (DAVENPORT).
 - » 7. Frequency of stigmatic bands of papaver (CHARLIER).
 - » 8. Line A of brown beans (JOHANNSEN).
 - » 9. Line G of brown beans (JOHANNSEN).
 - » 10. Line O of brown beans (JOHANNSEN).
 - » 11. Cephalic Index of Swedish recruits (RETZIUS and FÜRST).
 - » 12. Typhoid Fever in Lund 1905 (RYBERG).
 - » 13. Frequency curves of type B.
 - » 14. Frequency of Petals of *Ranunculus bulbosus* (DE VRIES).
 - » 15. Failing percentage of barley (JOHANNSEN).
 - » 16. Frequency of glands of swine treated as a B-curve.
 - » 17. Dissection of frequency curves.
 - » 18. Breadth of »forehead» of Naples crabs (WELDON).
 - » 19. Distribution of frequency of ray flowers of 1015 samples of *Chrysanthemum segetum* (CHARLIER).
-

The *observed* values are in all diagrams indicated by small circles.

TAB. A. *Table of the Probability Integral* $\frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\frac{x}{\sigma}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \frac{2}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{u^2}{2\sigma^2}} du.$

$\frac{x}{\sigma}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	0000	0080	0159	0239	0319	0399	0478	0558	0637	0717
0.1	0796	0876	0955	1034	1113	1192	1271	1350	1428	1507
0.2	1585	1663	1741	1819	1897	1974	2051	2128	2205	2282
0.3	2358	2434	2510	2586	2661	2737	2811	2886	2960	3035
0.4	3108	3181	3255	3328	3400	3473	3545	3616	3688	3759
0.5	3829	3899	3969	4039	4108	4177	4245	4313	4381	4448
0.6	4515	4581	4647	4713	4778	4843	4907	4971	5035	5098
0.7	5161	5223	5285	5346	5407	5467	5527	5587	5646	5705
0.8	5763	5820	5878	5935	5991	6047	6102	6157	6211	6265
0.9	6319	6372	6424	6476	6528	6579	6629	6679	6729	6778
1.0	6827	6875	6923	6970	7017	7063	7109	7154	7198	7243
1.1	7287	7330	7373	7415	7457	7499	7540	7580	7620	7660
1.2	7699	7737	7775	7813	7850	7887	7823	7959	7995	8029
1.3	8064	8098	8132	8165	8198	8230	8262	8293	8324	8355
1.4	8385	8415	8444	8473	8501	8529	8557	8584	8611	8638
1.5	8664	8689	8715	8740	8764	8788	8812	8836	8859	8882
1.6	8904	8926	8948	8969	8990	9011	9031	9051	9070	9089
1.7	9109	9127	9146	9164	9181	9199	9216	9233	9249	9265
1.8	9281	9297	9312	9327	9342	9357	9371	9385	9399	9412
1.9	9426	9439	9451	9464	9476	9488	9500	9512	9523	9534
2.0	9545	9556	9566	9576	9586	9596	9606	9615	9625	9634
2.1	9643	9651	9660	9668	9676	9684	9692	9700	9707	9715
2.2	9722	9729	9736	9742	9749	9755	9762	9768	9774	9780
2.3	9786	9791	9797	9802	9807	9812	9817	9822	9827	9832
2.4	9836	9840	9845	9849	9853	9857	9861	9865	9869	9872
2.5	9876	9879	9883	9886	9889	9892	9895	9898	9901	9904
2.6	9907	9909	9912	9915	9917	9919	9922	9924	9926	9928
2.7	9931	9933	9935	9937	9939	9940	9942	9944	9946	9947
2.8	9949	9950	9952	9953	9955	9956	9958	9959	9960	9961
2.9	9963	9964	9965	9966	9967	9968	9969	9970	9971	9972
3.	9973	9981	9986	9990	9993	9995	9997	9998	9998	9999
4.	9994	9996	9997	9998	9999	9993	9996	9997	9998	9999
5.	9993	9966	9980	9988	9993	9996	9998	9999	9993	9996
6.	9998									
$\frac{x}{\sigma}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

TAB. B. Table of the function $\varphi_0 = \sigma\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-b)^2}{2\sigma^2}}$.

$\frac{x-b}{\sigma}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Δ
0.0	.3989	3989	3989	3988	3986	3984	3982	3980	3977	3973	— 3
0.1	.3970	3965	3961	3956	3951	3945	3939	3932	3925	3918	— 8
0.2	.3910	3902	3894	3885	3876	3867	3857	3847	3836	3825	— 11
0.3	.3814	3802	3790	3778	3765	3752	3739	3725	3712	3697	— 14
0.4	.3683	3668	3653	3637	3621	3605	3589	3572	3555	3538	— 17
0.5	.3521	3503	3485	3467	3448	3429	3410	3391	3372	3352	— 20
0.6	.3332	3312	3292	3271	3251	3230	3209	3187	3166	3144	— 21
0.7	.3123	3101	3079	3056	3034	3011	2989	2966	2943	2920	— 23
0.8	.2897	2874	2850	2827	2803	2780	2756	2732	2709	2685	— 24
0.9	.2661	2637	2613	2589	2565	2541	2516	2492	2468	2444	— 24
1.0	.2420	2396	2371	2347	2323	2299	2275	2251	2227	2203	— 24
1.1	.2179	2155	2131	2107	2083	2059	2036	2012	1989	1965	— 23
1.2	.1942	1919	1895	1872	1849	1826	1804	1781	1758	1736	— 22
1.3	.1714	1691	1669	1647	1626	1604	1582	1561	1539	1518	— 21
1.4	.1497	1476	1456	1435	1415	1394	1374	1354	1334	1315	— 20
1.5	.1295	1276	1257	1238	1219	1200	1182	1163	1145	1127	— 18
1.6	.1109	1092	1074	1057	1040	1023	1006	0989	0973	0957	— 17
1.7	.0940	0925	0909	0893	0878	0863	0848	0833	0818	0804	— 14
1.8	.0790	0775	0761	0748	0734	0721	0707	0694	0681	0669	— 13
1.9	.0656	0644	0632	0620	0608	0596	0584	0573	0562	0551	— 11
2.0	.0540	0529	0519	0508	0498	0488	0478	0468	0459	0449	— 9
2.1	.0440	0431	0422	0413	0404	0396	0387	0379	0371	0363	— 8
2.2	.0355	0347	0339	0332	0325	0317	0310	0303	0297	0290	— 7
2.3	.0283	0277	0270	0264	0258	0252	0246	0241	0235	0229	— 5
2.4	.0224	0219	0213	0208	0203	0198	0194	0189	0184	0180	— 5
2.5	.0175	0171	0167	0163	0158	0154	0151	0147	0143	0139	— 3
2.6	.0136	0132	0129	0126	0122	0119	0116	0113	0110	0107	— 3
2.7	.0104	0101	0099	0096	0093	0091	0088	0086	0084	0081	— 2
2.8	.0079	0077	0075	0073	0071	0069	0067	0065	0063	0061	— 1
2.9	.0060	0058	0056	0055	0053	0051	0050	0048	0047	0046	— 2
3.	.0044	0033	0024	0017	0012	0009	0006	0004	0003	0002	— 1
4.	.0001	0001	0001	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	
$\frac{x-b}{\sigma}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Δ

TAB. C. Table of the function $\varphi_3 = \sigma^4 \varphi'''(x)$.

N.B.! Permutation of sign at the argument 1.73!

$\frac{x-b}{\sigma}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Δ	
0.0	+	.0000	0120	0239	0359	0478	0597	0716	0834	0952	1070	+117
0.1	+	.1187	1303	1419	1534	1648	1762	1874	1986	2097	2206	+109
0.2	+	.2315	2422	2529	2634	2737	2840	2941	3040	3188	3235	+ 95
0.3	+	.3330	3423	3514	3604	3693	3779	3864	3947	4028	4106	+ 78
0.4	+	.4184	4259	4332	4403	4472	4539	4603	4666	4726	4785	+ 56
0.5	+	.4841	4895	4946	4996	5043	5088	5131	5171	5209	5245	+ 33
0.6	+	.5278	5309	5338	5365	5389	5411	5431	5448	5463	5476	+ 10
0.7	+	.5486	5495	5501	5504	5506	5505	5502	5497	5490	5481	- 12
0.8	+	.5469	5456	5440	5423	5403	5381	5358	5332	5305	5276	- 31
0.9	+	.5245	5212	5177	5140	5102	5062	5021	4978	4933	4887	- 48
1.0	+	.4839	4790	4740	4688	4635	4580	4524	4467	4409	4350	- 60
1.1	+	.4290	4228	4166	4102	4038	3973	3907	3840	3772	3704	- 69
1.2	+	.3635	3566	3495	3425	3354	3282	3210	3138	3065	2992	- 74
1.3	+	.2918	2845	2771	2697	2623	2549	2476	2402	2328	2254	- 74
1.4	+	.2180	2106	2033	1960	1887	1815	1742	1670	1599	1528	- 71
1.5	+	.1457	1387	1317	1248	1179	1111	1044	0977	0911	0846	- 65
1.6	+	.0781	0717	0654	0591	0529	0468	0408	0349	0290	0233	- 57
1.7	+	.0176	0120	0065	0011	-0042	0094	0146	0196	0245	0294	- 47
1.8	-	.0341	0387	0433	0477	0521	0563	0605	0645	0685	0723	- 37
1.9	-	.0760	0797	0832	0867	0900	0933	0964	0994	1024	1052	- 28
2.0	-	.1080	1106	1132	1156	1180	1203	1225	1245	1265	1284	- 18
2.1	-	.1302	1320	1336	1351	1366	1380	1393	1405	1416	1426	- 10
2.2	-	.1436	1445	1453	1460	1467	1473	1478	1483	1486	1490	- 2
2.3	-	.1492	1494	1495	1496	1496	1495	1494	1492	1490	1487	+ 4
2.4	-	.1483	1480	1475	1470	1465	1459	1453	1446	1439	1432	+ 8
2.5	-	.1424	1416	1407	1398	1389	1380	1370	1360	1349	1339	+ 11
2.6	-	.1328	1317	1305	1294	1282	1270	1258	1245	1233	1220	+ 13
2.7	-	.1207	1194	1181	1168	1154	1141	1127	1114	1100	1086	+ 13
2.8	-	.1073	1059	1045	1031	1017	1003	0989	0976	0962	0948	+ 14
2.9	-	.0934	0920	0906	0892	0879	0865	0852	0838	0824	0811	+ 13
3.	-	.0798	0669	0552	0449	0359	0283	0219	0168	0127	0095	+ 25
4.	-	.0070	0051	0036	0026	0018	0012	0008	0006	0004	0002	
5.	-	.0002	0001	00010	00007	00004	00003	00002	00001	00000	00000	
6.	-	.00000										
$\frac{x-b}{\sigma}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Δ	

TAB. D. *Table of the function* $\varphi_4 = \sigma^5 \varphi^{IV}(x)$.

N.B.! Permutations of sign at the arguments 0.74 and 2.33.

$\frac{x-b}{\sigma}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Δ
0.0	+1.1968	1.1965	1.1956	1.1941	1.1920	1.1894	1.1861	1.1822	1.1778	1.1727	— 56
0.1	+1.1671	1.1609	1.1541	1.1468	1.1388	1.1304	1.1214	1.1118	1.1017	1.0911	—112
0.2	+1.0799	1.0682	1.0560	1.0434	1.0302	1.0165	1.0024	0.9878	0.9727	0.9572	—159
0.3	+ .9413	9250	9082	8910	8735	8555	8373	8186	7996	7803	—196
0.4	+ .7607	7408	7206	7001	6793	6583	6371	6156	5940	5721	—220
0.5	+ .5501	5279	5056	4831	4605	4378	4150	3921	3691	3461	—230
0.6	+ .3231	3000	2770	2539	2308	2078	1849	1619	1391	1164	—227
0.7	+ .0937	0712	0487	0265	0043	—0176	0394	0611	0825	1037	—210
0.8	— .1247	1454	1660	1862	2063	2260	2455	2645	2835	3021	—182
0.9	— .3203	3383	3559	3731	3901	4066	4228	4387	4541	4692	—147
1.0	— .4839	4983	5122	5257	5389	5516	5639	5758	5873	5984	—107
1.1	— .6091	6193	6292	6386	6476	6561	6642	6720	6792	6861	— 64
1.2	— .6925	6986	7042	7093	7141	7185	7224	7259	7291	7318	— 23
1.3	— .7341	7361	7376	7388	7395	7399	7400	7396	7389	7378	+ 14
1.4	— .7364	7347	7326	7301	7274	7243	7209	7172	7132	7088	+ 46
1.5	— .7042	6994	6942	6888	6831	6772	6710	6646	6580	6511	+ 71
1.6	— .6440	6368	6293	6216	6138	6057	5975	5892	5806	5720	+ 88
1.7	— .5632	5542	5452	5360	5267	5173	5078	4983	4886	4789	+ 97
1.8	— .4692	4593	4494	4395	4295	4195	4095	3995	3894	3793	+100
1.9	— .3693	3592	3492	3392	3292	3192	3092	2994	2895	2797	+ 97
2.0	— .2700	2603	2506	2411	2316	2222	2129	2036	1945	1854	+ 90
2.1	— .1764	1676	1588	1502	1416	1332	1249	1166	1086	1006	+ 79
2.2	— .0927	0850	0774	0700	0626	0554	0483	0414	0346	0279	+ 65
2.3	— .0214	0150	0088	0027	+0033	0092	0148	0204	0258	0311	+ 51
2.4	+ .0362	0412	0461	0508	0554	0598	0641	0683	0723	0762	+ 38
2.5	+ .0800	0836	0871	0905	0937	0968	0998	1027	1054	1080	+ 25
2.6	+ .1105	1129	1152	1173	1193	1213	1231	1248	1264	1279	+ 14
2.7	+ .1293	1306	1317	1328	1338	1347	1355	1363	1369	1375	+ 4
2.8	+ .1379	1383	1386	1389	1390	1391	1391	1391	1389	1388	— 3
2.9	+ .1385	1382	1378	1374	1369	1364	1358	1351	1345	1337	— 7
3.	+ .1330	1231	1107	0969	0829	0694	0570	0460	0364	0284	— 66
4.	+ .0218	0165	0123	0090	0065	0047	0033	0023	0016	0011	— 4
5.	+ .0007	0005	0003	0002	0001	0001	0000	0000	0000	0000	0
6.	.0000										
$\frac{x-b}{\sigma}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Δ

$\lambda =$	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0
$x = 0$	.0451	0408	0369	0334	0302	0273	0247	0224	0202	0183
1	.1397	1304	1217	1135	1057	0984	0915	0850	0789	0733
2	.2165	2087	2008	1929	1850	1771	1692	1615	1539	1465
3	.2237	2226	2209	2186	2158	2125	2087	2046	2001	1954
4	.1733	1781	1822	1858	1888	1912	1931	1944	1951	1954
5	.1075	1140	1203	1264	1322	1377	1429	1477	1522	1563
6	.0555	0608	0662	0716	0771	0826	0881	0936	0989	1042
7	.0246	0278	0312	0348	0386	0425	0466	0508	0551	0595
8	.0095	0111	0129	0148	0169	0191	0215	0241	0269	0298
9	.0033	0040	0047	0056	0066	0076	0089	0102	0116	0132
10	.0010	0013	0016	0019	0023	0028	0033	0039	0045	0053
11	.0003	0004	0005	0006	0007	0009	0011	0013	0016	0019
12	.0001	0001	0001	0002	0002	0003	0003	0003	0005	0006
13					0001	0001	0001	0001	0002	0002
14										0001

$\lambda =$	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0
$x = 0$	.0166	0150	0136	0123	0111	0101	0091	0082	0074	0067
1	.0680	0630	0584	0540	0500	0462	0428	0395	0365	0337
2	.1393	1323	1254	1188	1125	1063	1005	0948	0894	0842
3	.1904	1852	1798	1743	1687	1631	1574	1517	1460	1404
4	.1951	1944	1933	1917	1898	1875	1849	1820	1789	1755
5	.1600	1633	1662	1687	1708	1725	1738	1747	1753	1755
6	.1093	1143	1191	1237	1281	1323	1362	1398	1432	1462
7	.0640	0686	0732	0778	0824	0869	0914	0959	1002	1044
8	.0328	0360	0393	0428	0463	0500	0537	0575	0614	0653
9	.0150	0168	0188	0209	0232	0256	0281	0307	0334	0363
10	.0061	0071	0081	0092	0104	0118	0132	0147	0164	0181
11	.0023	0027	0032	0037	0043	0049	0056	0064	0073	0082
12	.0008	0009	0011	0014	0016	0019	0022	0026	0030	0034
13	.0002	0003	0004	0005	0006	0007	0008	0009	0011	0013
14	.0001	0001	0001	0001	0002	0002	0003	0003	0004	0005
15					0001	0001	0001	0001	0001	0002

$\lambda =$	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0
$x = 0$	.0061	0055	0050	0045	0041	0037	0033	0030	0027	0025
1	.0311	0287	0265	0244	0225	0207	0191	0176	0162	0149
2	.0793	0746	0701	0659	0618	0580	0544	0509	0477	0446
3	.1348	1293	1239	1185	1133	1082	1033	0985	0938	0892
4	.1719	1681	1641	1600	1558	1515	1472	1428	1383	1339
5	.1753	1748	1740	1728	1714	1697	1678	1656	1632	1606
6	.1490	1515	1537	1555	1571	1584	1594	1601	1605	1606
7	.1086	1125	1163	1200	1234	1267	1298	1326	1353	1377
8	.0692	0732	0771	0810	0849	0887	0925	0962	0998	1033

$\lambda =$	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0
$x = 9$	.0392	0423	0454	0486	0519	0552	0586	0620	0654	0688
10	.0200	0220	0241	0262	0285	0309	0334	0359	0386	0413
11	.0093	0104	0116	0129	0143	0157	0173	0190	0207	0225
12	.0039	0045	0051	0058	0065	0073	0082	0092	0102	0113
13	.0015	0018	0021	0024	0028	0032	0036	0041	0046	0052
14	.0006	0007	0008	0009	0011	0013	0015	0017	0019	0022
15	.0002	0002	0003	0003	0004	0005	0006	0007	0007	0009
16	.0001	0001	0001	0001	0001	0002	0002	0002	0002	0003
17						0001	0001	0001	0001	0001

$\lambda =$	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0
$x = 0$	.0022	0020	0018	0017	0015	0014	0012	0011	0010	0009
1	.0137	0126	0116	0106	0098	0090	0082	0076	0070	0064
2	.0417	0390	0364	0340	0318	0296	0276	0258	0240	0223
3	.0849	0806	0765	0726	0688	0652	0617	0584	0552	0521
4	.1294	1249	1205	1162	1118	1076	1034	0992	0952	0912
5	.1579	1549	1519	1487	1453	1420	1385	1349	1314	1277
6	.1605	1601	1595	1586	1575	1562	1547	1529	1511	1490
7	.1399	1418	1435	1450	1462	1472	1480	1486	1489	1490
8	.1066	1099	1130	1160	1188	1215	1240	1263	1284	1304
9	.0723	0757	0791	0825	0858	0891	0923	0954	0985	1014
10	.0441	0469	0498	0528	0558	0588	0618	0649	0679	0710
11	.0245	0265	0286	0307	0330	0353	0377	0401	0426	0452
12	.0124	0137	0150	0164	0179	0194	0210	0227	0245	0264
13	.0058	0065	0073	0081	0089	0099	0108	0119	0130	0142
14	.0025	0029	0033	0037	0041	0046	0052	0058	0064	0071
15	.0010	0012	0014	0016	0018	0020	0023	0026	0029	0033
16	.0004	0005	0005	0006	0007	0008	0010	0011	0013	0014
17	.0001	0002	0002	0002	0003	0003	0004	0004	0005	0006
18		0001	0001	0001	0001	0001	0001	0002	0002	0002
19							0001	0001	0001	0001

$\lambda =$	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0
$x = 0$	.0008	0007	0007	0006	0006	0005	0005	0004	0004	0003
1	.0059	0054	0049	0045	0041	0038	0035	0032	0029	0027
2	.0208	0194	0180	0167	0156	0145	0134	0125	0116	0107
3	.0492	0464	0438	0413	0389	0366	0345	0324	0305	0286
4	.0874	0836	0799	0764	0729	0696	0663	0632	0602	0573
5	.1241	1204	1167	1130	1094	1057	1021	0986	0951	0916
6	.1468	1445	1420	1394	1367	1340	1311	1282	1252	1221
7	.1489	1486	1481	1474	1465	1454	1442	1428	1413	1396
8	.1321	1337	1351	1363	1373	1382	1388	1392	1395	1396
9	.1042	1070	1096	1121	1144	1167	1187	1207	1225	1241
10	.0740	0770	0800	0829	0858	0887	0914	0941	0967	0993

$\lambda =$	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0
$r = 11$	.0478	0504	0531	0558	0585	0613	0640	0667	0695	0722
12	.0283	0303	0323	0344	0366	0388	0411	0434	0457	0481
13	.0154	0168	0181	0196	0211	0227	0243	0260	0278	0296
14	.0078	0086	0095	0104	0113	0123	0134	0145	0157	0169
15	.0037	0041	0046	0051	0057	0062	0069	0075	0083	0090
16	.0016	0019	0021	0024	0026	0030	0033	0037	0041	0045
17	.0007	0008	0009	0010	0012	0013	0015	0017	0019	0021
18	.0003	0003	0004	0004	0005	0006	0006	0007	0008	0009
19	.0001	0001	0001	0002	0002	0002	0003	0003	0003	0004
20			0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0002
21									0001	0001
$\lambda =$	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0
$r = 0$	.0003	0003	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0001
1	.0025	0023	0021	0019	0017	0016	0014	0013	0012	0011
2	.0100	0092	0086	0079	0074	0068	0063	0058	0054	0050
3	.0269	0252	0237	0222	0208	0195	0183	0171	0160	0150
4	.0544	0517	0491	0467	0443	0420	0398	0377	0357	0337
5	.0882	0849	0816	0784	0752	0722	0692	0663	0635	0607
6	.1191	1160	1128	1097	1066	1035	1003	0972	0941	0911
7	.1378	1358	1338	1317	1294	1271	1247	1222	1197	1171
8	.1395	1392	1388	1383	1375	1366	1356	1344	1332	1318
9	.1256	1269	1280	1291	1299	1306	1311	1315	1317	1318
10	.1017	1040	1063	1084	1104	1123	1140	1157	1172	1186
11	.0749	0776	0802	0828	0853	0878	0902	0926	0948	0970
12	.0506	0530	0555	0580	0604	0629	0654	0679	0703	0728
13	.0315	0334	0354	0374	0395	0416	0438	0459	0482	0504
14	.0182	0196	0210	0225	0240	0256	0272	0289	0306	0324
15	.0098	0107	0116	0126	0136	0147	0158	0169	0182	0194
16	.0050	0055	0060	0066	0072	0079	0086	0093	0101	0109
17	.0024	0026	0029	0033	0036	0040	0044	0048	0053	0058
18	.0011	0012	0014	0015	0017	0019	0021	0024	0026	0029
19	.0005	0005	0006	0007	0008	0009	0010	0011	0012	0014
20	.0002	0002	0002	0003	0003	0004	0004	0005	0005	0006
21	.0001	0001	0001	0001	0001	0002	0002	0002	0002	0003
22					0001	0001	0001	0001	0001	0001
$\lambda =$	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0
$r = 0$	.0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	
1	.0010	0009	0009	0008	0007	0007	0006	0005	0005	0005
2	.0046	0043	0040	0037	0034	0031	0029	0027	0025	0023
3	.0140	0131	0123	0115	0107	0100	0093	0087	0081	0076
4	.0319	0302	0285	0269	0254	0240	0226	0213	0201	0189
5	.0581	0555	0530	0506	0483	0460	0439	0418	0398	0378

$\lambda =$	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0
$x = 6$	.0881	0851	0822	0793	0764	0736	0709	0682	0656	0631
7	.1145	1118	1092	1064	1037	1010	0983	0955	0928	0901
8	.1302	1286	1269	1251	1232	1212	1191	1170	1148	1126
9	.1317	1315	1311	1306	1300	1293	1284	1273	1263	1251
10	.1198	1210	1219	1228	1235	1241	1245	1248	1250	1251
11	.0991	1012	1031	1049	1067	1083	1098	1112	1125	1137
12	.0752	0776	0799	0822	0844	0866	0888	0908	0929	0948
13	.0526	0549	0572	0594	0617	0640	0662	0685	0707	0729
14	.0342	0361	0380	0399	0419	0439	0459	0479	0500	0521
15	.0208	0221	0235	0250	0265	0281	0297	0313	0330	0347
16	.0118	0127	0137	0147	0158	0169	0180	0192	0204	0217
17	.0063	0069	0075	0081	0088	0095	0103	0111	0119	0128
18	.0032	0035	0039	0042	0046	0051	0055	0060	0065	0071
19	.0015	0017	0019	0021	0023	0026	0028	0031	0034	0037
20	.0007	0008	0009	0010	0011	0012	0014	0015	0017	0019
21	.0003	0003	0004	0004	0005	0006	0006	0007	0008	0009
22	.0001	0001	0002	0002	0002	0002	0003	0003	0004	0004
23		0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0002	0002
24								0001	0001	0001



Fig. 1 Normalcurve.

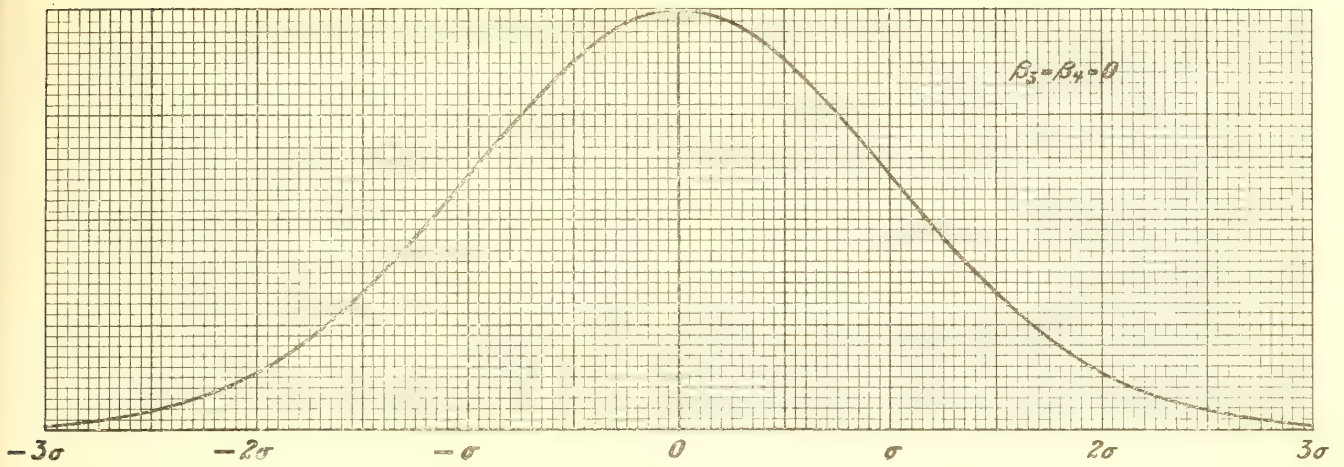


Fig. 2 Frequency curve with positive skewness.

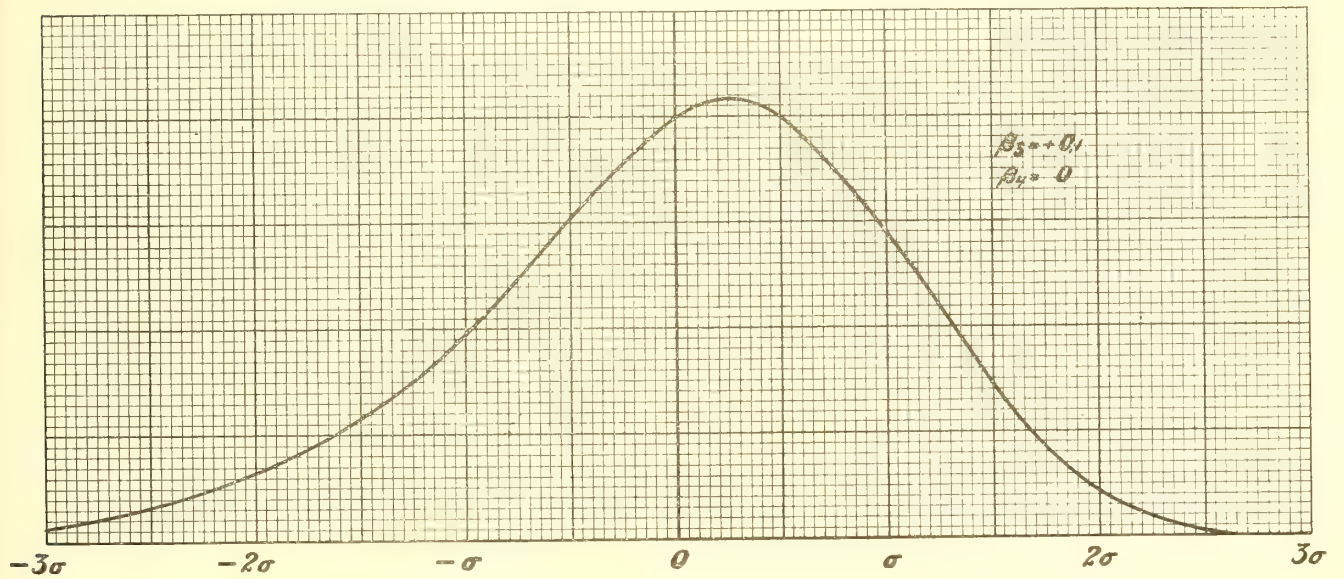


Fig. 3 Frequency curve with positive skewness.

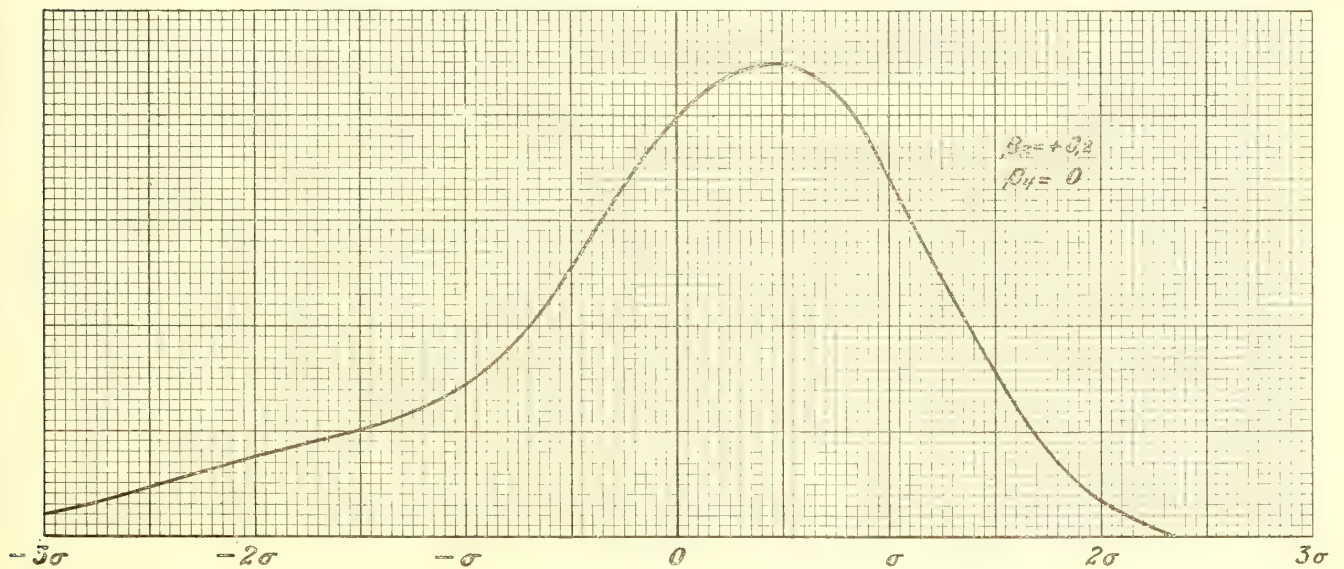


Fig 4 Frequency curve with positive excess.

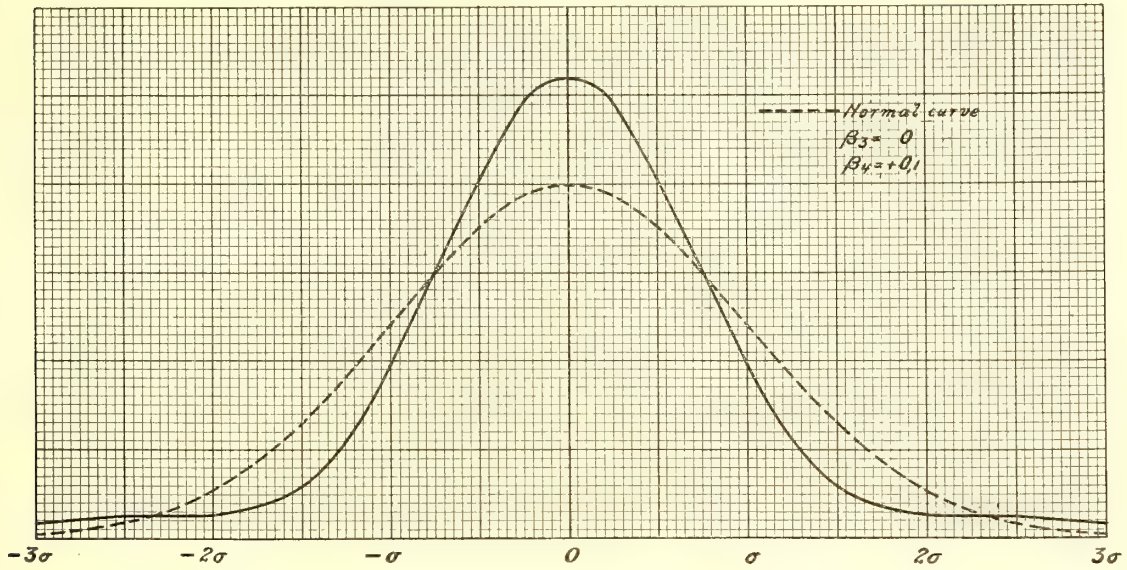


Fig 5 Frequency curve with negative excess.

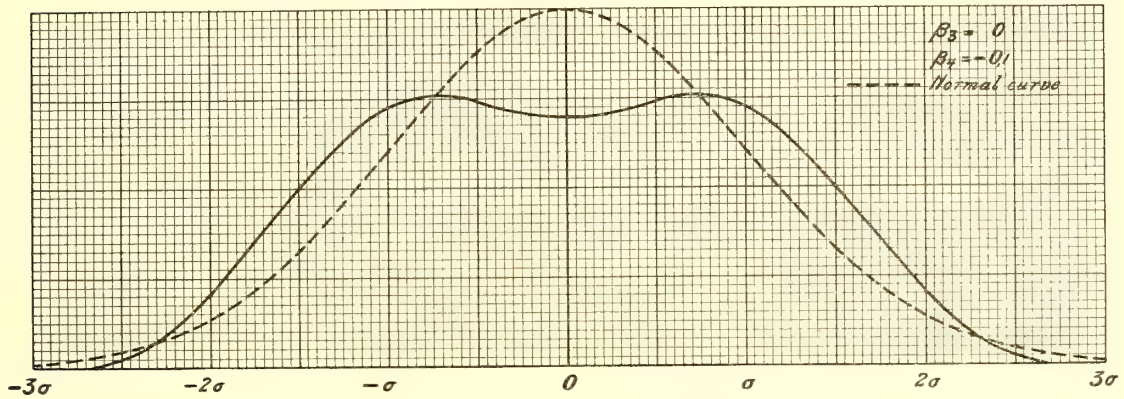
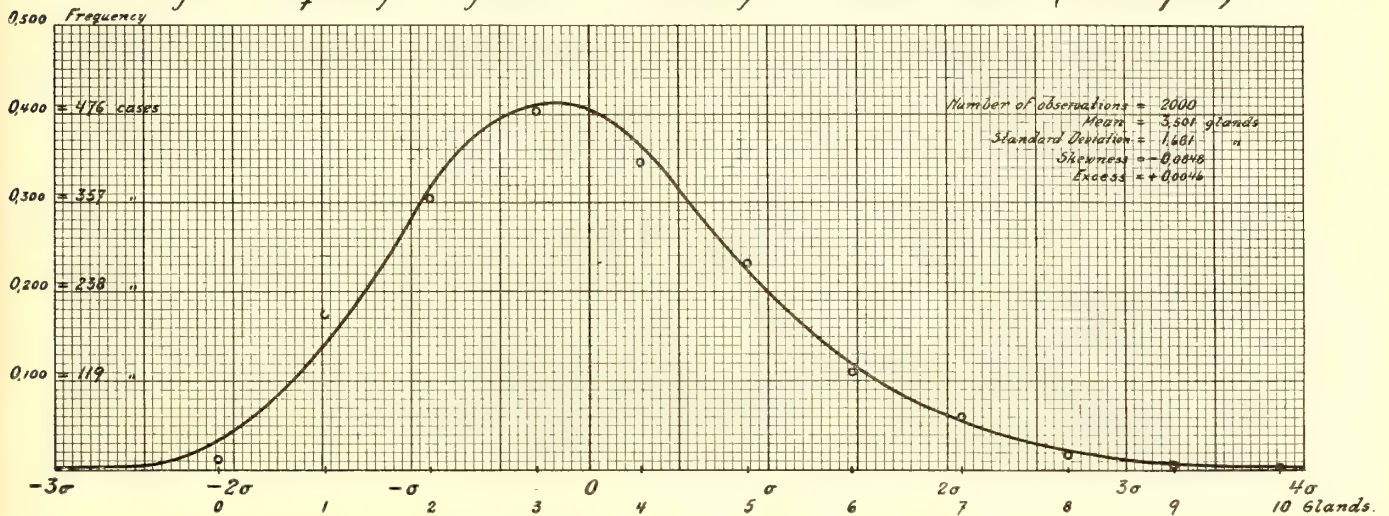


Fig 6 Frequency of glands in the leg of female swine. (Davenport).



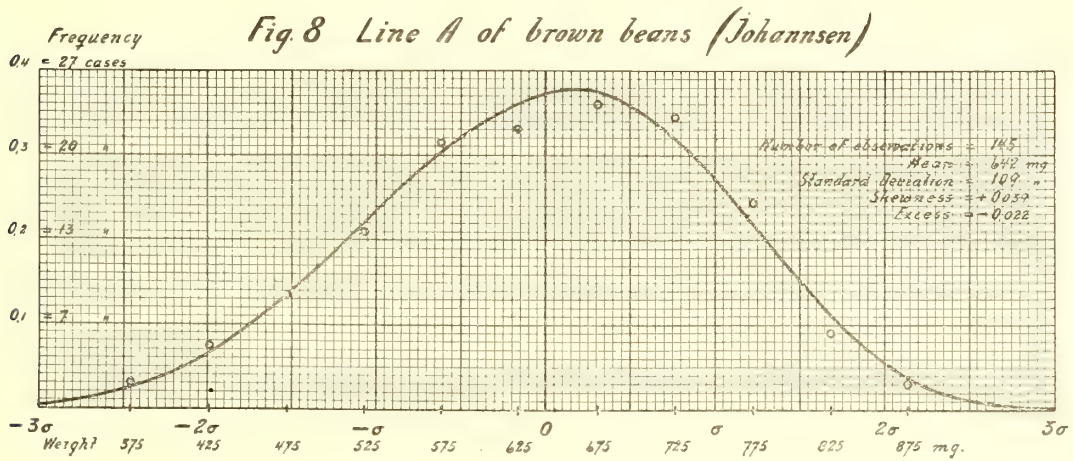
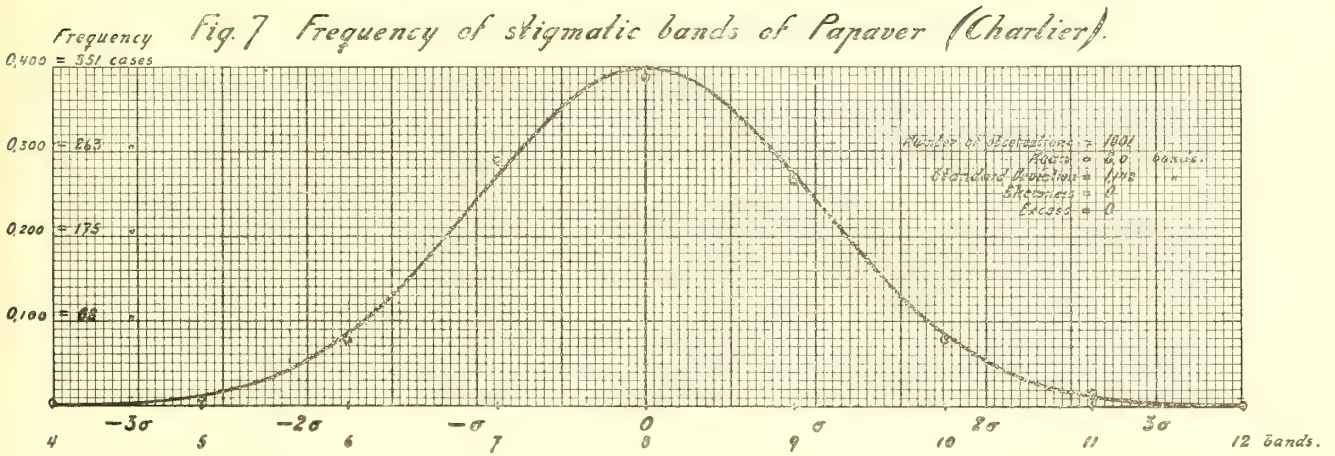


Fig. 10 Line O of brown beans (Johannsen).

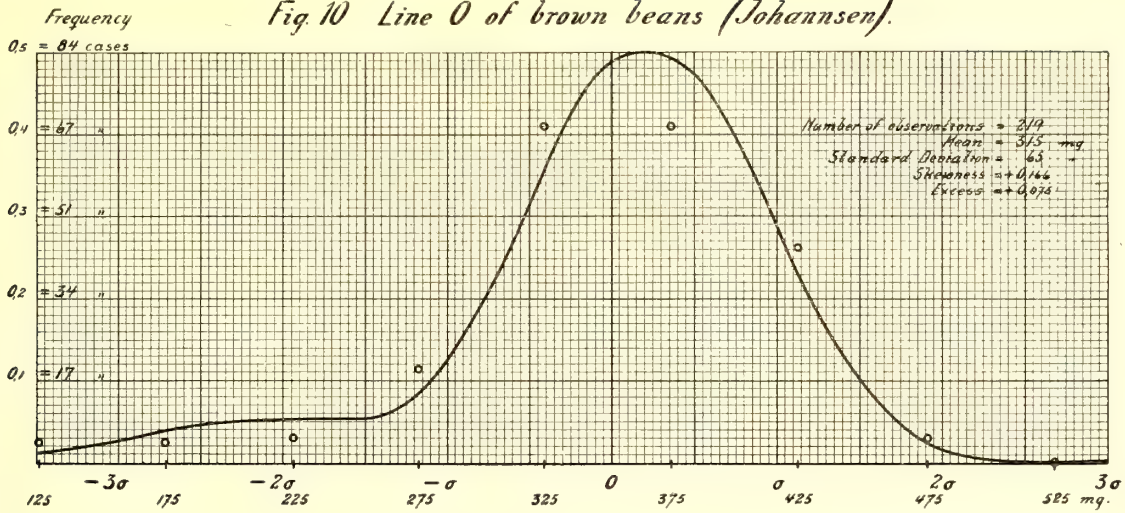


Fig. 11 Cephalic Index of Swedish recruits (Petzius and Fürst).

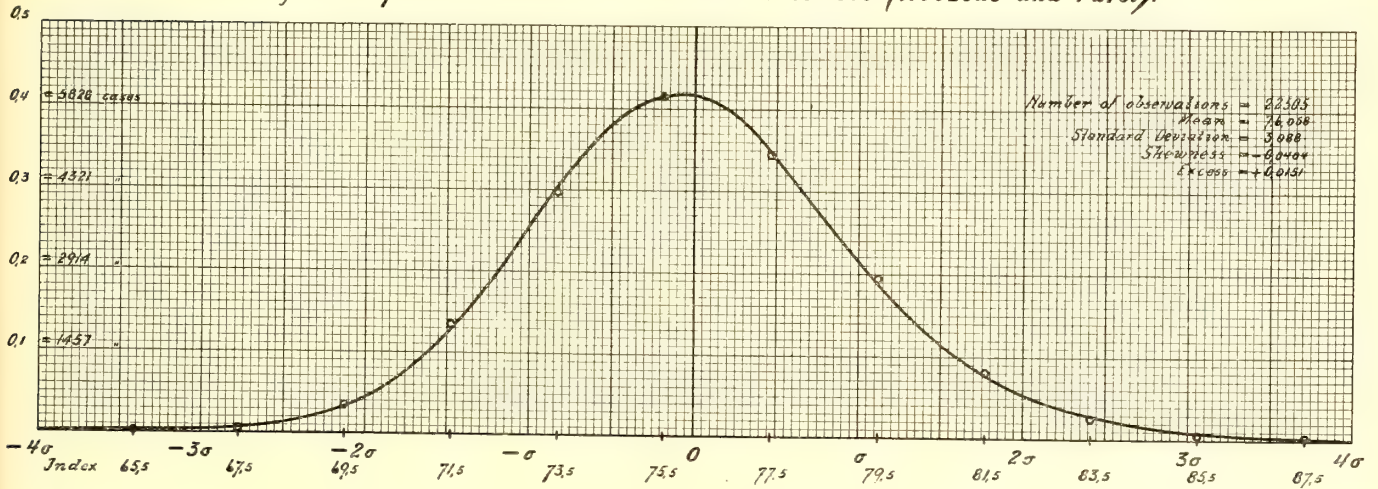


Fig. 12 Typhoid Fever in Lund 1905 (Ryberg).

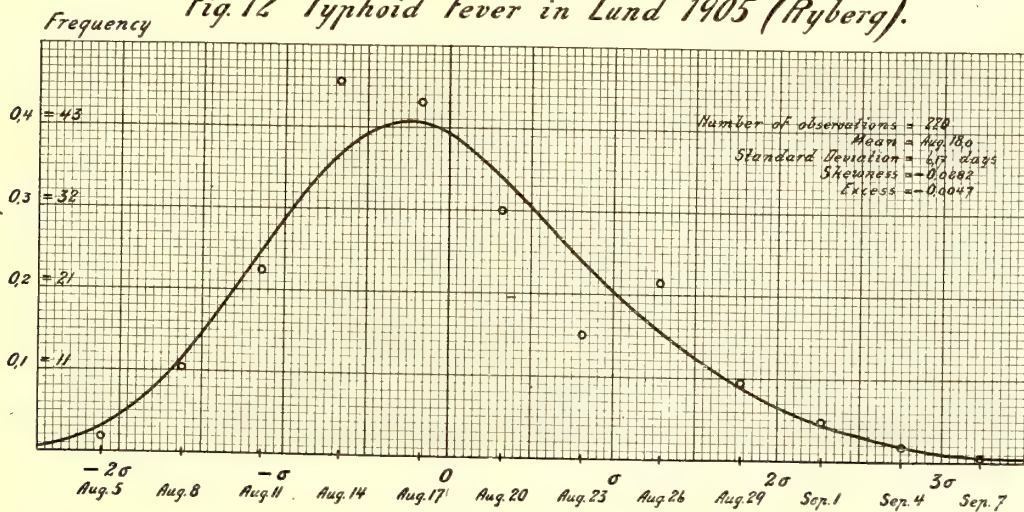


Fig. 13 Frequency curves of type B
 $y = \psi_{\lambda}(x)$.

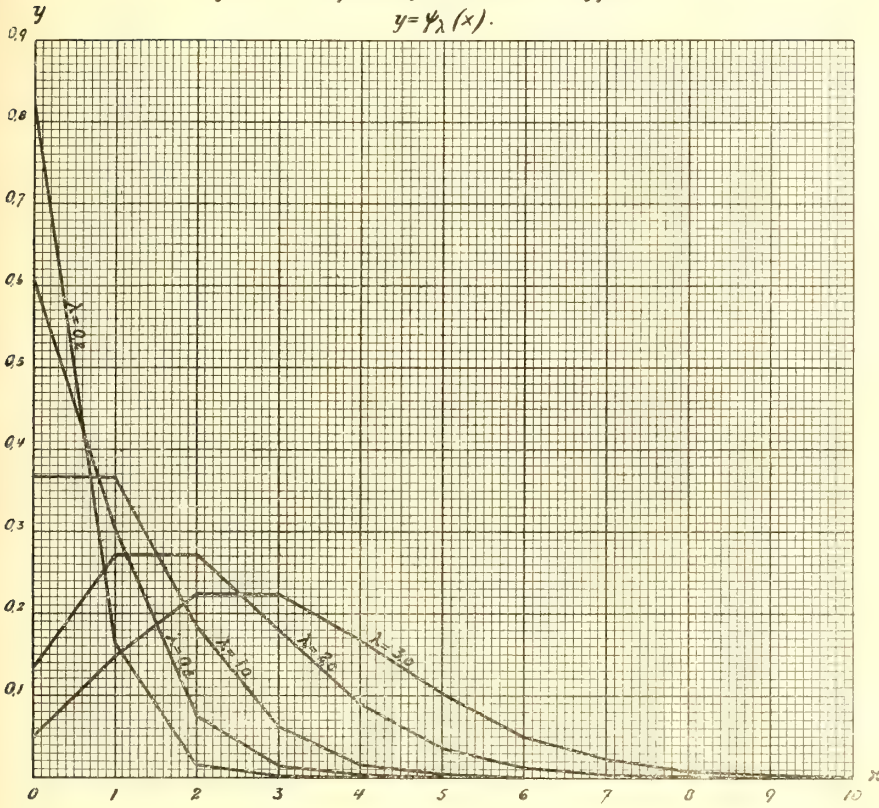


Fig. 14. Petals of *Ranunculus bulbosus*.

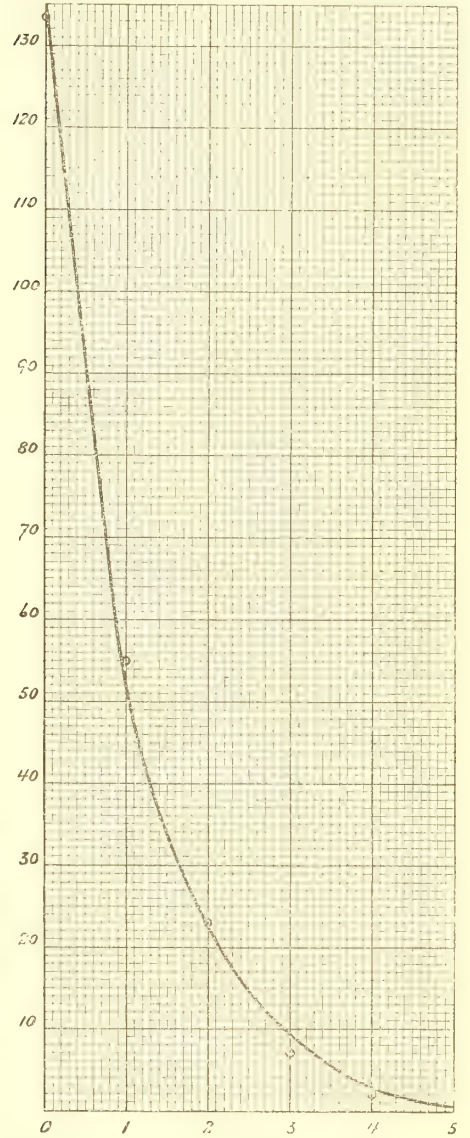
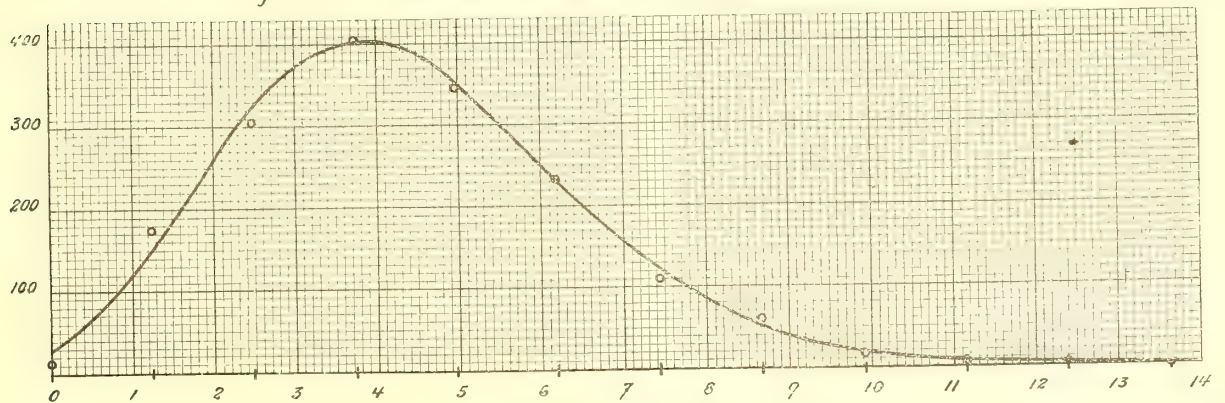


Fig. 16 Glands of swine treated as a B-curve.



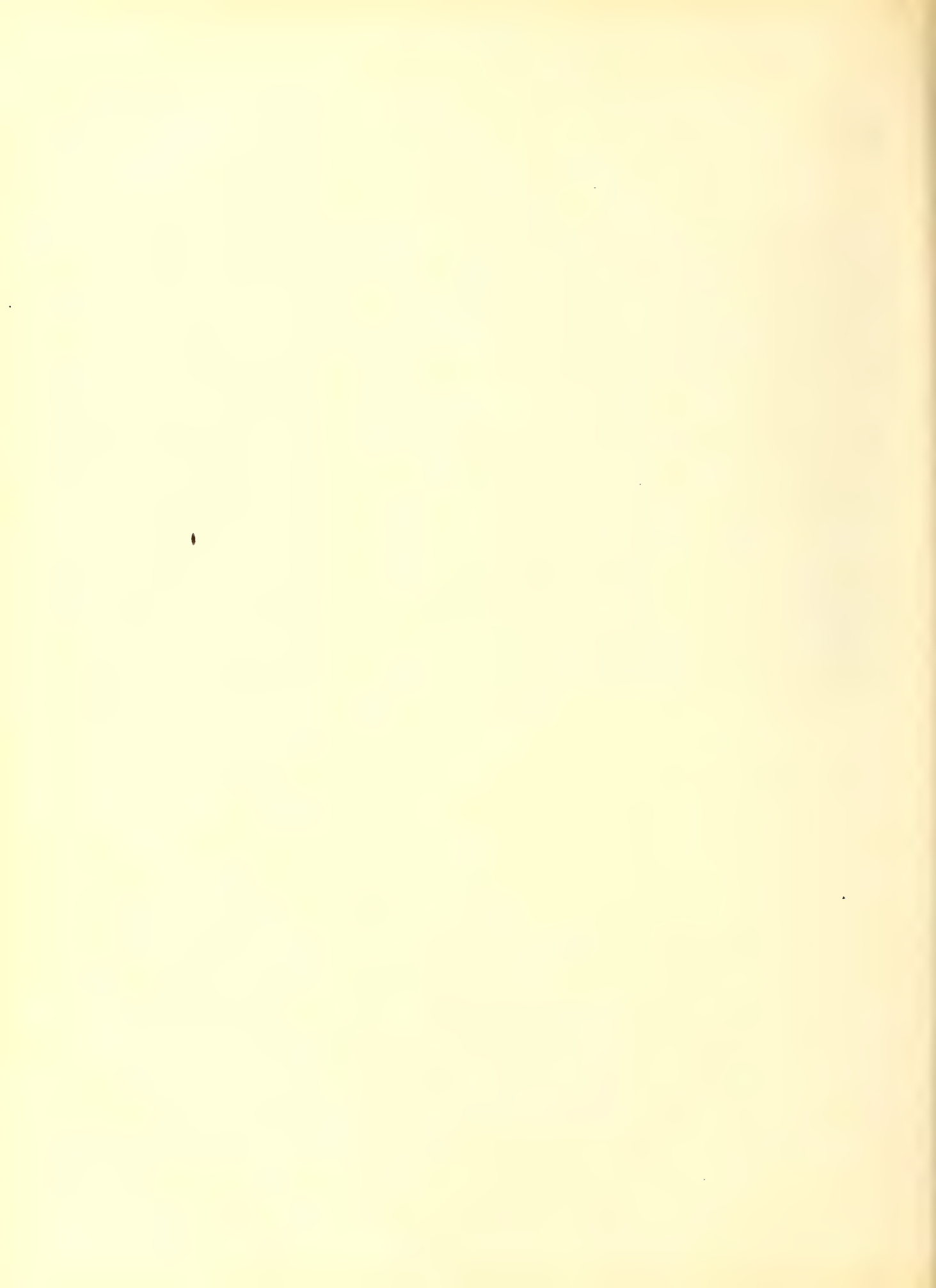


Fig. 15 Failing percentage of barley (Johannsen)

Frequency

$$F(x) = \psi(0,720x - 0,395).$$

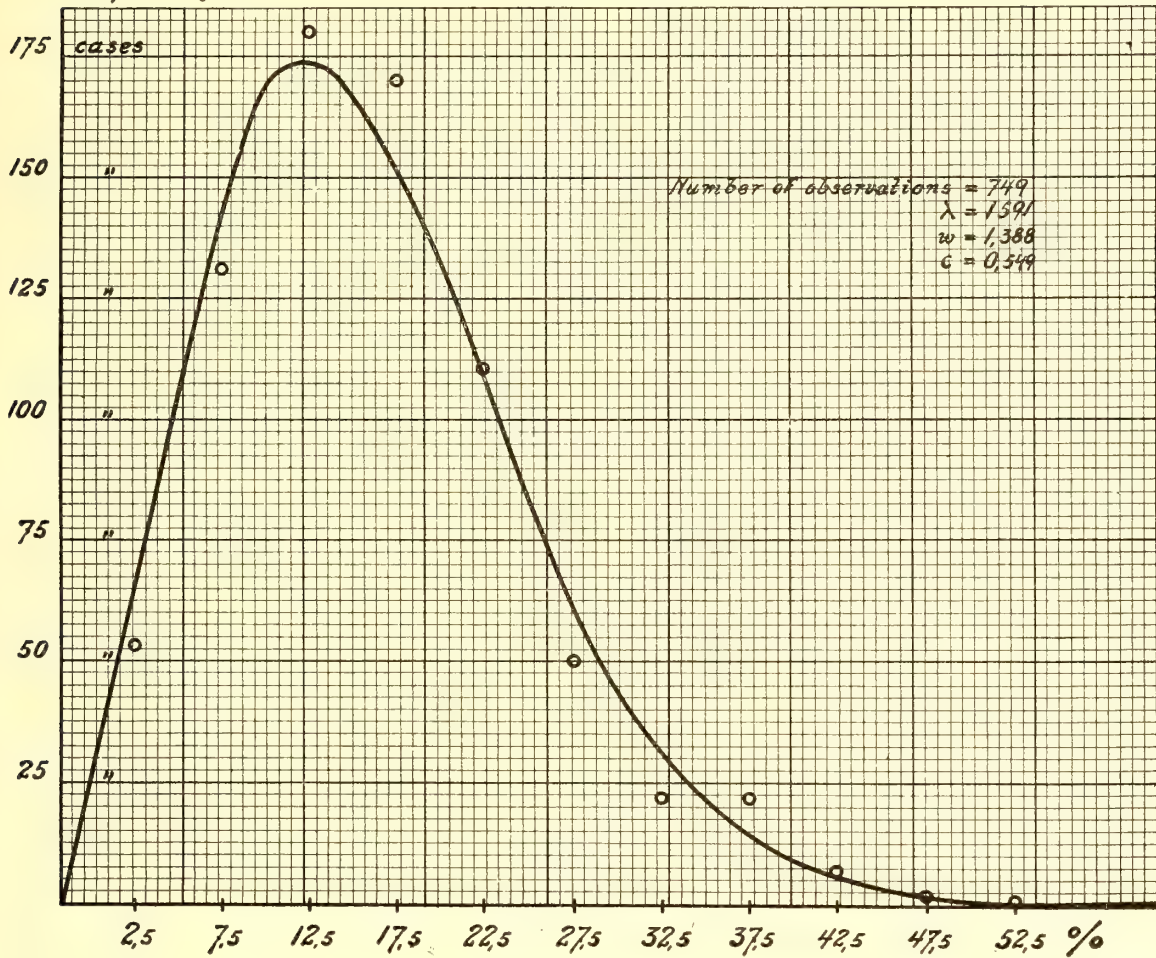


Fig. 17. Dissection of Frequency Curves.

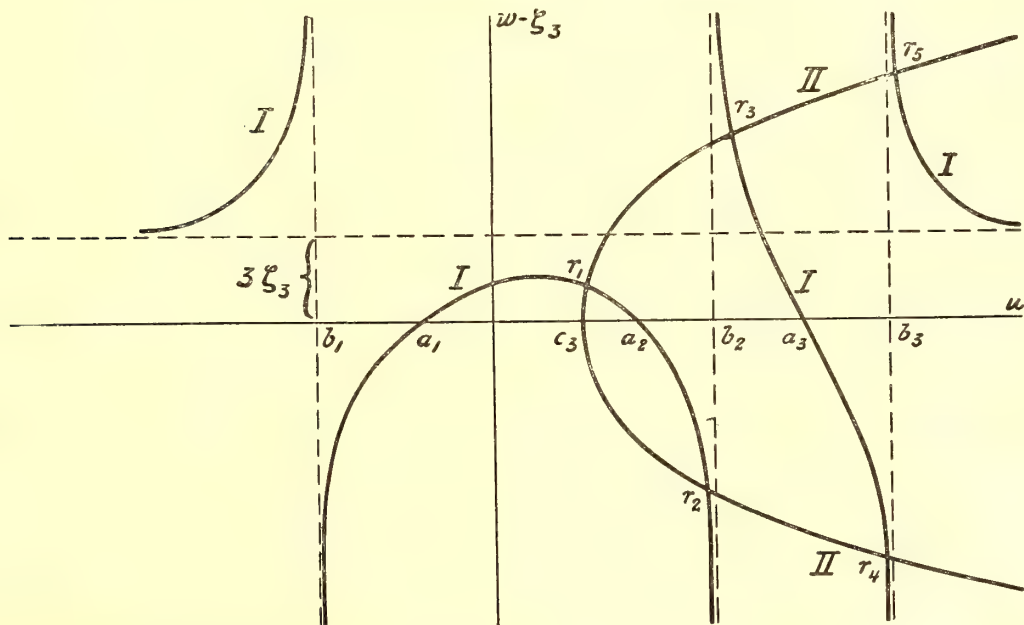


Fig. 18 Breadth of "Forehead" of Naples crabs (Weldon).

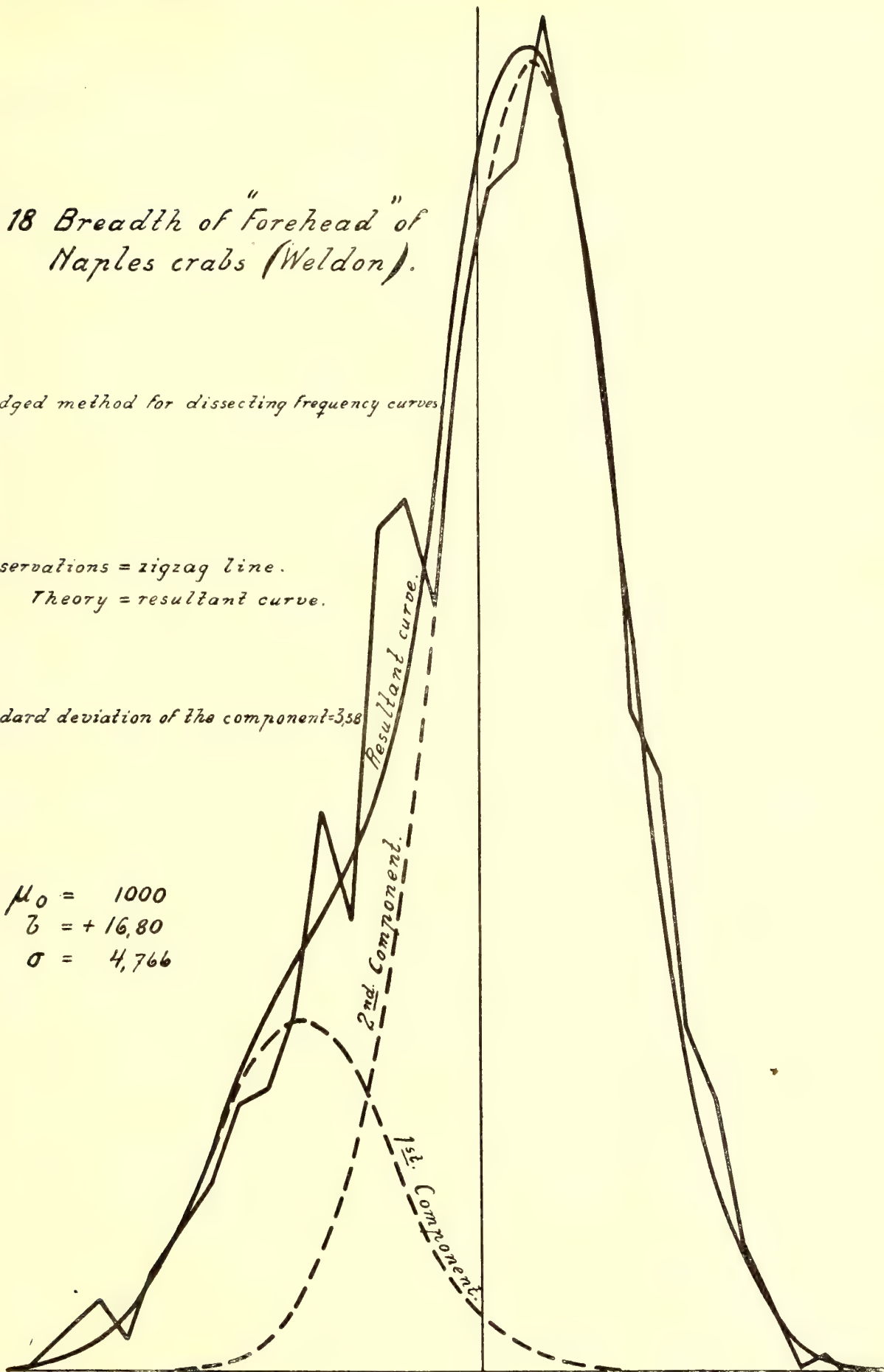
Abridged method for dissecting frequency curves

Observations = zigzag line.

Theory = resultant curve.

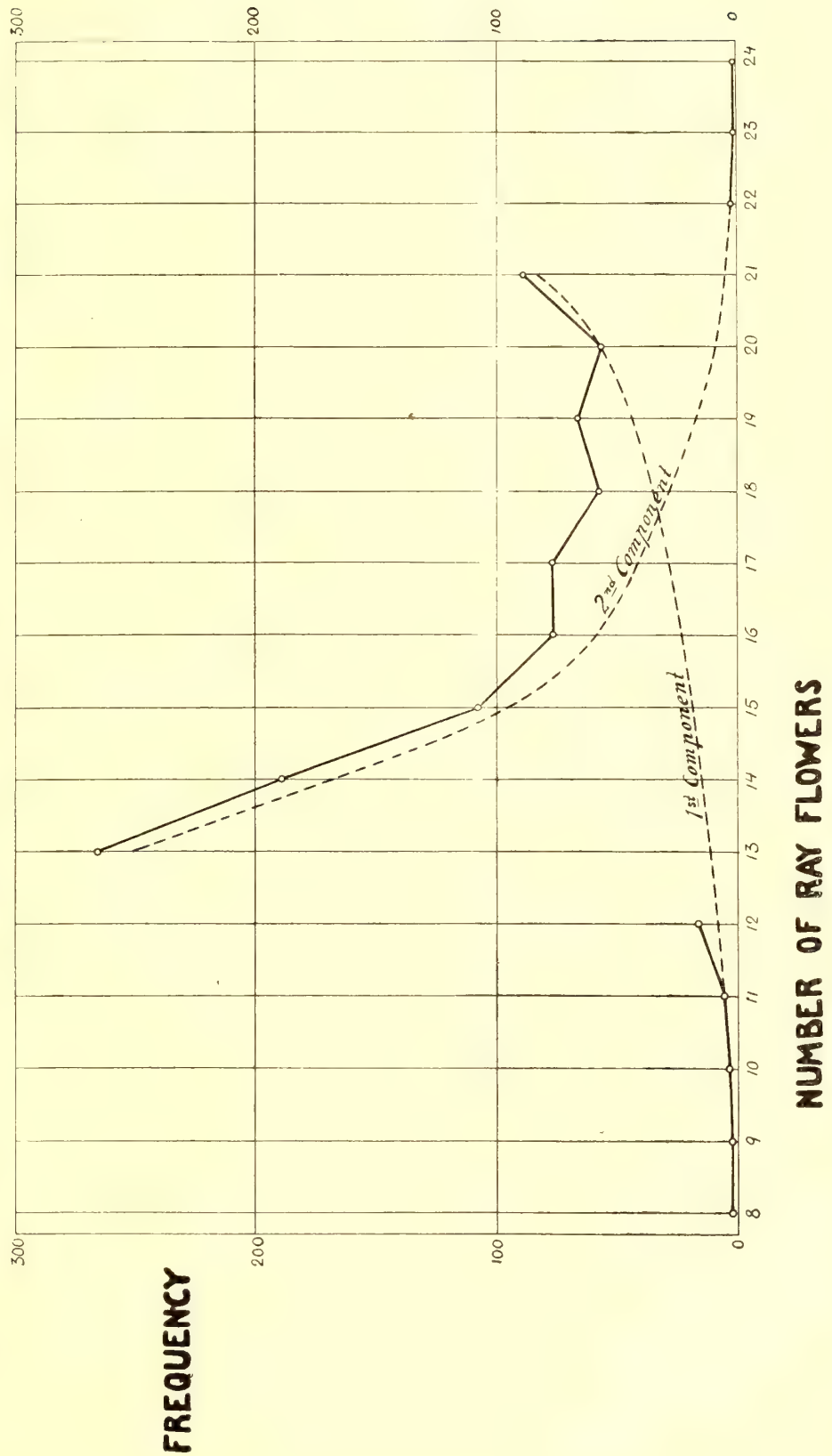
Standard deviation of the component = 3.58

$$\begin{aligned}\mu_0 &= 1000 \\ \bar{z} &= +16.80 \\ \sigma &= 4.766\end{aligned}$$



DISTRIBUTION OF FREQUENCY OF RAY FLOWERS OF 1015 SAMPLES OF CHRYSANTEMUM SEGETUM.

Fig. 19.



LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Afd. 2. Bd 1. Nr 6.
KONGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 16. Nr 6.

STUDIER

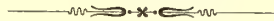
ÖFVER

POLLENSLANGARNES IRRITATIONSRÖRELSER

AF

BENGT LIDFORSS

II.



LUND 1906
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI.

I en föregående afhandling¹⁾, som för fem år sedan publicerades i dessa handlingar, har jag påvisat, att pollenslangarne hos en del angiospermer, tillhörande familjerna *Narcissineæ*, *Liliaceæ*, *Aesculineæ*, *Aceraceæ* och *Sambucineæ* af proteinämnen föranledas till kemotropiska krökningar. En sådan kemotropisk retbarhet hos pollenslangarne var dittills endast känd hos ett fåtal familjer (*Scrophulariaceæ*, *Onagrariaceæ*, *Primulaceæ*), där MYIOSHI²⁾ konstaterat förhandenvaron af kemotropisk retbarhet, men där det kemiska retmedlet utgjordes af en sockerart (rörsocker, drufsocker, dextrin). Känsligheten för proteinämnen visade sig i de undersökta fallen icke inskränkt till någon särskild grupp bland dessa ämnen, utan sträckte sig till samtliga disponibla representanter för *albuminer*, *globuliner*, *nukleoalbuminer*, *albuminater*, *glukoproteider* och *nukleoproteider*, samt dessutom till en del ferment såsom *diastas*, *ptyalin*, *emulsin*. Hvad utbredningen af denna proteokemotropism bland angiospermerna beträffar, så tycktes åtskilliga omständigheter tala för, att den ifrågasvarande retbarheten visserligen ej vore en sällsynt företeelse hos blomväxterna, men dock inskränkt till vissa bestämda familjer eller släkten.

Under de fem år, som förflutit sedan förra delen af dessa undersökningar offentliggjordes, har kännedomen om de kemotropiska irritationsrörelsernas förekomst i växtriket erfarit en väsentlig komplettering, så till vida som det lyckats några amerikanska och tyska forskare att genom delvis fullkomligt inkastfria experiment påvisa förhandenvaron af kemotropisk retbarhet hos de högre växternas rötter. Visserligen hade JÖNSSON³⁾ redan för tio år sedan, och utan tvifvel med full rätt, tolkat de krökningar, som vid inverkan af arseniksyrliga salter instälde sig hos en del rötter, såsom irritationsrörelser af negativt kemotropisk natur, men denna uppgift, som publicerats i en svensk, af botanister föga uppmärksammas tidskrift, synes tills datum ha blifvit förbisedd och har i hvarje fall ej upptagits i den utomskandinaviska hand- och lärobokslitteraturen. Däremot har CЗАРЕК (1898) uttryck-

¹⁾ Studier öfver pollenslangarnes irritationsrörelser I, Kongl. Fysiografiska Sällskapets Handlingar, Bd. 12, N:o 4; Ueber den Chemotropismus der Pollenschläuche, Ber. der deutsch. bot. Gesellsch., Bd. XVII, p. 236—242.

²⁾ MYIOSHI. Ueber Chemotropismus der Pilze, Botan. Zeit. 1894, och Ueber Reizbewegungen der Pollenschläuche, Flora, 78 Bd. (1894) p. 76—93.

³⁾ B. JÖNSSON: Iakttagelser rörande arsenikens inverkan på groende frön, i Landtbruksakademiens Handlingar och Tidskrift, 1896 p. 110 och ff.

ligen framhållit ¹⁾ att alla försök, som af honom anstälts i syfte att påvisa en eventuell kemotropism hos rötterna, slagit fel, och äfven STAHL ²⁾ (1899) synes anse frånavarom af kemotropisk känslighet hos rötterna som sannolik och i biologiskt hänseende till en viss grad kompenserad genom Mycorrhiza-symbiosen.

I själfva verket är det ej svårt att förstå, att konstaterandet af en eventuellt förhandenvarande kemotropism hos rötterna måste stöta på icke obetydliga svårigheter. Dels är rötternas i allmänhet starkt utpräglade geotropism egnad att motverka den kemotropiska reaktionen, och detta hinder kan af lätt insedda skäl härvidlag ej elimineras genom klinostaten, såsom fallet är t. ex. vid fototropiska försök. Därjämte kräver den kemotropiska reaktionen såsom varande en tillväxt-rörelse alltid en viss, äfven i optimala fall tämligen betydande *tid* ³⁾, under hvilken den som irriterande verkande koncentrationsdifferensen lätt nog sjunker ned till värden under retningsminimum.

Förlidet år (1904) har det emellertid lyckats FREDERICK C. NEWCOMBE och ANNA L. RHODES ⁴⁾ att på experimentell väg lemna tämligen otvetydiga bevis för existensen af kemotropisk retbarhet hos rötterna. Efter att förgäfvat ha sökt att medels kapillärrör, pergamenthinnor, fuktadt filterpapper o. s. v. åstadkomma de önskade försöksbetingelserna, tillgrepo förff. en utväg, som till en viss grad erinrar om den vid pollenfysiologiska undersökningar med stor fördel använda gelatinmetoden. Försöksrötterna placerades nämligen mellan tvänne klossar af 6-procentig gelatin, af hvilken den ena beredts med enbart dest. H₂O, den andra med en vattenlösning af det ämne, hvars kemotropiska inverkan skulle undersökas; genom ett lagom tryck pressades gelatinklossarne intill hvarandra, så att rotens ena sida befann sig i beröring med ren gelatin, den andra sidan däremot med salt-haltig gelatin. Det visade sig nu, att om den ena gelatinklossen innehöll t. ex. 0,28 % natriumfosfat (Na₂HPO₄), så växte samtliga rötterna in i denna, hvarvid de krökte sig i vinklar af i medeltal 43°. För öfrigt visade rötterna normal tillväxt och ett friskt utseende, så att krökningarna ej gärna kunde anses vara af traumatisk natur. Att de ej berodde på osmotropism sluta förff. däraf, att rötterna vuxo fullkomligt rakt nedåt, om den ena gelatinklossen i stället för natriumfosfat innehöll 3½ proc. rörsocker. Vid användning af starkare natriumfosfatlösningar (1,5 proc.) erhöles inga negativa krökningar; äfven dessa lösningar föranledde roten att växa

¹⁾ CZAPEK: Weitere Beiträge zur Kenntnis der geotrop. Reizbewegungen, Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik, Bd. XXXII, p. 291.

²⁾ STAHL: Ueber den Sinn der Mykorrhizenbildung, Jahrb. f. wissenschaftliche Botanik Bd. XXXIV.

³⁾ För kraftigt reagerande groddrötter, hypokotylor o. s. v. utgör reaktionstiden, under förutsättning af optimala reaktionsbetingelser, 60—80 minuter (CZAPEK, Weitere Beiträge zur Kenntnis der geotropischen Reizbewegungen, Jahrb. f. wissenschaft. Botan. Bd. XXXII, p. 186). De korta reaktionstider, som nyligen angifvits af MOISESCU (Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. XXIII, p. 364—366) grunda sig på mikroskopiska mätningar, som svårigen kunna ifrågakomma vid kemotropiska försök med rötter.

⁴⁾ NEWCOMBE and RHODES: Chemotropism of roots. The Botanical Gazette Vol. XXXVII. 1904. N:o 1 s. 23—35.

in i den fosfathaltiga gelatinklossen, där den snart bortdog, ett förhållande som af NEWCOMBE och RHODES jämnställes med det af ROTHERT m. fl. konstaterade faktum, att vissa fritt kringsimmande organismer styra in i lösningar af en osmotisk valör så stark, att den verkar momentant plasmolyserande och dödande.

Medels den nu skildrade gelatinmetodiken kunde NEWCOMBE och RHODES äfven påvisa negativ kemotropism hos rötterna. Bereddes den ena gelatinklossen med lösningar af ammoniumnitrat, kalciumnitrat, kaliumnitrat och magnesiunsulfat i koncentrationer isosmotiska med 0,28 % Na_2HPO_4 , så växte flertalet rötter in i den motsatta, endast vatten innehållande gelatinmassan, och de öfriga förblefvo raka. — De nu refererade resultaten erhöles med rötter af hvit *lupin*; användes däremot rötter af *Cucurbita pepo*, så erhöles mycket svaga utslag, och förff. hålla det på den grund för sannolikast att gurkrötterna ej äro kemotropiskt retbara.

De af NEWCOMBE och RHODES erhållna resultaten ha i år (1905) bekräftats och i väsentliga punkter kompletterats af två tyska forskare, LILIENFELD¹⁾ och SAMMET²⁾, som samtidigt och oberoende af hvarandra anställt undersökningar öfver rötternas kemotropism.

LILIENFELD, hvars undersökning utförts på KNY's laboratorium i Berlin, använde för sina försök att börja med den af NEWCOMBE och RHODES införda metodiken, enligt hvilken roten placeras mellan två gelatinklossar, af hvilka blott den ena innehåller det ämne, hvars kemotropiska retningsförmåga skall undersökas. Då emellertid denna metod i flera fall gaf otillfredsställande resultat, använde LILIENFELD en annan försöksanställning, som i hufvudsak kan återges på följande sätt. Runda glasskålar af 15 cm. genomskäring och 12 cm. höjd fylldes med en lösning af 3 % gelatin i destilleradt vatten. Efter stelmandet utskars i midten ett rundt hål, som rymde 20 ccm. vätska; häri braktes det ämne, som skulle pröfvas, antingen i vattenlösning, eller i händelse af svårlösighet suspenderadt i vatten. Rötter af *Lupinus*-groddplantor (15—40 cm. långa) borrades därefter på olika afstånd från det centrala hålet ned i gelatinmassan — detta kan ske utan att rötterna skadas — och det hela placerades därpå under 24—48 timmar i en mörk och fuktig kammar. Det i den genomskinliga gelatinen i centrifugal riktning diffunderande saltet föranledde nu i många fall rötterna till krökningar, som direkt kunde iakttagas och fotograferas. Genom jämförande kulturer i vatten och fuktig luft fastställdes äfven, om och i hvad grad det använda saltet i homogen fördelning påverkade resp. hämmade rotens normala tillväxt.

Med tillhjälp af den nu skildrade försöksmetoden, som visat sig vara vida öfverlägsen den af NEWCOMBE och RHODES använda, har LILIENFELD kunnat påvisa en otvetydig kemotropisk reaktionsförmåga hos rötterna äfven i sådana fall, där experiment utförda efter den NEWCOMBESKA metoden utfallit genomgående nega-

¹⁾ E. LILIENFELD: Ueber den Chemotropismus der Wurzel, Beihefte zu Botanisches Centralblatt. Bd. XIX, Abth. 1, Heft 1, pp. 131—212.

²⁾ R. SAMMET: Untersuchungen über Chemotropismus- und verwandte Erscheinungen bei Wurzeln, Sprossen und Pilzfäden, Jahrb. f. wissensch. Botanik, Bd. 41, pp. 611—649.

tivt. Positiva krökningar erhöles med Na_2HPO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, KNO_3 , K_2SO_4 , K_2HPO_4 , K_2CO_3 , Na_2CO_3 , $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ maltextrakt, köttextrakt samt med vissa anilinfärgämnen t. ex. eosin, fuchsin och methylenblått, dessa sistnämnda i 0,01-procentiga lösningar. För salternas vidkommande synes den för retningseffekten optimala koncentrationen under de gifna försöksbetingelserna mestadels ligga mellan 1—0,1%; retningsminimum ligger i vissa fall ganska lågt, för $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ t. ex. vid 0,0001 %. Anmärkningsvärdt är, att de nu nämnda salterna under *alla* omständigheter, (alltså äfven vid supraoptimal koncentration) verka positivt kemotropiskt; endast kaliumnitrat bildar härifrån ett undantag, i det att 0,1-procentiga lösningar föranleda positiva krökningar, 0,2—0,5-procentiga lösningar förhålla sig indifferent och 0,5—1-procentiga lösningar verka repulsivt.

Å andra sidan visade det sig i de LILIENFELDSKA försöken, att en del salter, däribland flera goda närsalter, regelbundet framkalla repulsionsverknningar, äfven i relativt låga koncentrationer. Detta gäller om NH_4Cl , NH_4NO_3 , NaNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaCl , KCl , CaCl_2 samt salterna af de tunga metallerna, i främsta rummet Cu , Pb , Zn , Hg . Bland alkalimetallernas salter intager NaCl en särställning så till vida, som repulsionen redan framträder vid användning af 0,0001-procentiga lösningar, medan däremot KCl ej synes verka i svagare koncentration än 0,1 %, Tungmetallhalterna framkallade redan i 0,00001-procentiga lösningar (sublimat) utpräglade repulsionsverknningar. — Fria syror verkade i koncentrationer af 0,001, 0,01 och 0,1 % starkt repulsivt, däremot erhöles svag attraktion vid användning af fosforsyra och svafvelsyra i 0,0001-procentiga lösningar.

De försöksväxter, LILIENFELD använt för sina undersökningar ha dels utgjorts af *Papilionacéer* (*Lupinus luteus*, *Vicia Faba*, *Pisum sativum*), hvilka i hufvudsak gifvit de ofvan refererade resultaten, dels af *Cruciferer*, hvilkas rötter dock på grund af sin spädhet ej kunde nedstickas i den stelnade gelatinmassan, utan därför undersökts efter den NEWCOMBESKA metoden, som äfven i dessa fall gifvit mindre tillfredsställande resultat. Rötterna af *Cucurbita Pepo*, hos hvilka NEWCOMBE och RHODES ej kunde påvisa någon kemotropisk retbarhet, reagerade i försök anställda efter LILIENFELDS metod tydligt kemotropiskt, ehuru märkbart svagare än rötterna af de ofvannämnda *Papilionacéerna*.

Ungefär samtidigt med de nu refererade undersökningarne af LILIENFELD har från Leipzigerinstitutet utgått ett arbete af R. SAMMET, hvars förta hälft sysselsätter sig med rötternas kemotropism. SAMMET har kommit till samma resultat som LILIENFELD så till vida, som han hos rötterna af de undersökta försöksväxterna, i främsta rummet *Lupinus albus* och *Vicia sativa*, kunde påvisa otvetydiga kemotropiska krökningar. Dessa voro vid användning af svagare koncentrationer af positiv natur och inträdde gent emot *alla* de använda substanserna, ehuru en hel del såväl i kemiskt som näringsfysiologiskt hänseende högst olikartade föreningar pröfvades (alkohol, eter, kamfer, klornatrium, kaliumnitrat, rörsocker, gips, ättiksyra, glycerin). Vid användning af starkare koncentrationer fann SAMMET, att den positiva reaktionen mestadels slog öfver i negativ. Då man erinrar sig, att LILIENFELD i sina försök

med klornatrium endast erhöill negativa krökningar äfven vid användning af så svaga koncentrationer som 0,0001 %, och att i de LILIEFELDSKA försöken en bestämd kemisk förening, oberoende af den koncentration, hvori den användes, i allmänhet endast utöfvade ett bestämdt slag af retningsverkan (positiv eller negativ), så framgår det tydligt nog, att de båda forskarnes resultat differera i ej oviktiga punkter. Till en del torde detta kunna förklaras däraf, att försöksväxterna ej varit alldeles desamma; den hufvudsakliga anledningen till resultatens skiljaktighet torde dock vara att söka i den olika försöksanordningen. SAMMET lät nämligen det kemotropiska retmedlet diffundera ut genom väggarne af en PFEFFERSK lercell, som befann sig i ett vattenfylldt kärl, hvori försöksrötterna placerats på bestämda afstånd från lercellen, och som var uppställd på ett darfrött bord. Måhända förklaras olikheten i resultat däraf, att rötterna under de af SAMMET åstadkomna försöksbetingelserna reagera på retningar så svaga, att de ej förmå utlösa en reaktion hos de i gelatin växande rötterna.

I hvarje fall torde man på grund af de nu anförda undersökningarna kunna betrakta det som definitivt fastslaget, att fanerogamernas rötter i allmänhet äga en utpräglad kemotropisk känslighet, ehuru flera omständigheter synas tala för, att denna hos olika arter är både i kvantitativt och kvalitativt hänseende tämligen olika utvecklade. De data, som hittills föreligga på detta område, måste dock i stort sedt betecknas som tämligen fragmentariska, och det torde på goda grunder kunna antagas att fortsatta undersökningar, som taga behörig hänsyn till ekologiska förhållanden o. s. v., skola kunna bringa i dagen nya och intressanta rön angående kemotropismen hos de högre växternas rötter.

*

*

*

På de områden, där kemotropismen först konstaterades, ha emellertid sedan förra delen af dessa undersökningar publicerades (1901), så vidt det framgår af den förf. tillgängliga tidskrift- och handbokslitteraturen, inga nya rön blifvit offentliggjorda. Allt hvad man för närvarande känner angående svamphyfernas och pollenslangarnes kemotropism grundar sig på de undersökningar, som i detta hänseende utförts och publicerats af MYROSHI och författaren och som i flera hänseenden måste betecknas som tämligen ofullständiga. Det är denna lucka, som de föreliggande undersökningarne afse att utfylla med hänsyn till pollenslangarnes kemotropism.

Metodiken har i stort sedt varit densamma som beskrifvits i Studier I. Under undersökningens gång har emellertid dels vissa modifikationier af försökstekniken visat sig vara förmånliga, dels ha vissa felkällor framträdt i en skarpare dager, hvilket gör det nödvändigt att förutskicka några anmärkningar angående försökstekniken.

II. Metodologiska anmärkningar.

Med afseende på kultursubstratet har det i flera fall befunnits synnerligen fördelaktigt att i stället för gelatin använda *agar-agar*, hvarvid 1-procentiga lösningar visat sig äga den lämpligaste konsistensen ¹⁾. Fördelarne med agar-agar ligga icke blott i substansens otjänlighet som näringssubstrat för bakterier, utan också och hufvudsakligast däri, att många pollensorter, som i sockergelatinlösningar antingen alls icke gro eller också blott drifva förkrympta eller dåligt utvecklade slangar med försvagad vitalitet, i agar-agar däremot utveckla fullt normala, lifskraftiga slangar. Orsaken till gelatinets mindre lämplighet i dessa fall är utan tvifvel att söka i de föreningar, förnämligast kalksalter, hvarmed denna substans vanligen är behäftad; emellertid har det ej lyckats mig att i nämnvärd grad undanrödja dessa olägenheter, vare sig genom dialys eller extraktion med destilleradt vatten eller utspädda syror.

Genom att använda agar-agar har det lyckats mig att framkalla artificiell pollengröning i flera sådana fall, där detta hittills ej varit möjligt. Så t. ex. anför MOLISCH ²⁾, hvars uppgifter på denna punkt bekräftats af flera andra forskare, att det ej varit honom möjligt att förmå pollenkorn af *Graminéer*, *Umbelliferer* och *Compositer* att gro i de af honom använda kulturmedierna. Faktiskt har dessa växters pollen en afgjord obenägenhet att gro utom på motsvarande märken, men det har dock lyckats att genom användning af socker-agarlösning förmå flera representanter för de ofvannämnda familjerna till pollengröning utanför märket (*Zea Mays*, *Helianthus speciosus*, *Myrrhis odorata*, *Meum athamanticum*). Till och med en *Hieracium*art, tillhörande gruppen *Pilosella*, dref i 30 % rörsocker-agarlösning sporadiska, men normalt utvecklade slangar.

I andra fall, och dessa ha varit de talrikaste, har agar-agararns företrädare hufvudsakligen legat däri, att de utväxande pollenslangarne ägt en vida bättre lifskraft än de, som bildats i gelatin. Detta är särskildt fallet med många representanter för familjerna *Liliaceæ*, *Bromeliaceæ*, *Rutaceæ*, *Papaveraceæ*, *Hydrophyllaceæ* o. s. v.; frömjölet af dessa växter drifver visserligen slangar i sockergelatin, men dessas lifskraft är ofta så nedsatt, att den kemotropiska reaktionen alldeles uteblir ³⁾, ehuru den inträder klart och tydligt hos sådana pollenslangar, som växa i agar-agar. Ge-

¹⁾ 1,5—2-procentiga lösningar, som i vissa fall vore att föredraga, erbjuda den olägenheten, att de alltför hastigt stelna vid vanlig rumstemperatur, och därigenom försvåra eller omöjliggöra en orientering af pollenkornen i näringssubstratet.

²⁾ MOLISCH: Zur Physiol. des Pollens etc. Sitz:ber. d. Wiener Akad. math.-naturw. Cl. Bd. CII, Abth. I. 1. Juli 1803. — LIDFORSS: Weitere Beiträge zur Biologie des Pollens, Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXXIII p. 232 — OSTENFELD: Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. 1904.

³⁾ Detta är orsaken till att t. ex. pollenslangarne af *Agapanthus umbellatus* i Studier I p. 19 uppgifvits vara okänsliga gent emot proteinämnen.

nom användning af detta sistnämnda kultursubstrat har det därför lyckats mig att påvisa otvetydig kemotropism i en mängd fall, där gelatinkulturer endast gifvit negativa eller otydliga resultat.

I öfrigt har metodiken varit densamma som skildrats i Studier I p. 4—6, d. v. s. små fragment af proteinämnen ha placerats på den stelnade agardroppen, hvar efter preparatet förvarats under glasklocka i fuktig luft. I många fall har det emellertid konstaterats, att *sockerlösningens koncentration* indirekt spelar en afgörande rol med hänsyn till den kemotropiska reaktionens inträdande vid retning med proteinämnen. Många pollensorter gro nämligen i utspädda (1—3 %) socker-agarlösningar så hastigt, att slangarne nått sin maximala storlek, innan ännu en retningströskeln öfver-skridande diffusionszon hunnit bildas kring det i agardroppen befintliga proteinfragmentet. Under sådana omständigheter växa slangarne utan vidare förbi proteinfragmenten, och man får det intrycket, att de äro okänsliga för retning af ägg-hviteämnen. Genom att höja sockerkoncentration i agarlösningen kan man nu dels *försena pollengroningen*, dels minska *pollenslangarnes tillväxthastighet*, och på så sätt erhålla en tydlig kemotropisk reaktion äfven med sådant pollen, hvars slangar i svaga sockerlösningar tyckas förhålla sig indifferentia gentemot proteinämnen. Exempel härpå utgör t. ex. *Tradescenia*-pollenet, hvars slangar i 2 % rörs.-agar tyckas okänsliga gentemot albumin, men i 7—10 procentig rörs.-agar däremot attraheras mycket starkt, vidare *Tropæolum majus*, hvars pollenslangar i 10 % rörsocker-agar ofta växa rakt förbi proteinfragmenten, men i 20—25 % lösningar attraheras energiskt o. s. v. Å andra sidan kan en mycket stark sockerlösning försena groningen därhän, att koncentrationsdifferensen — på grund af riklig diffusion — i protein-kornens närhet blir alltför svag för att kunna åstadkomma någon retning ¹⁾.

Utom de i »Studier I» p. 6—7 upptagna proteinämnena ha äfven följande substanser undersökts:

Zein (Hammarsten)	} erhållna af Prof. BANG.
Nukleinsyrad histon	
Nukleoproteid ur lymfkörteln	
Saltsur histon	
Basisk histon	
Guanylsyra	
Glutaminsyra	

Dessutom har en del preparat af animala organ pröfvats t. ex. *thyreoidea sicc. pulv.*, *lien pulv. sicc.* o. s. v., hvarjämte äfven en del födoämnen såsom bröd, ost, kokt äggula o. s. v. kommit till användning.

Innan vi öfvergå till en skildring af de kemotropiska fenomenen, torde det emellertid vara skäl att meddela några iakttagelser angående

¹⁾ Äfven pollenslangarnes retstämning (Reizstimmung) påverkas uppenbarligen af sockerhaltens koncentration så till vida, att allt för låga och allt för höga koncentrationer icke blott försvaga reaktionsförmågan, utan äfven nedsätta sensibiliteten.

Proteinämnenas inverkan på pollengroningen.

Utom sin kemotropiska inverkan utöfva proteinämnena i många fall en *groningsbefordrande* irritationsverkan på pollenkornen. I vissa fall — härpå utgöra *Gramineerna* ett typiskt exempel — har det *öfverhufvudtaget ej varit möjligt* att bringa pollenkornen till groning, för såvidt de ej retas med protein, med andra ord, de gro endast i den del af kulturmediet, som befinner sig i proteinfragmentens *omedelbara* närhet. Sak samma gäller äfven om t. ex. pollenet af *Pontederia cordifolia*, *Funcckia cordata*, *Whitlawia* arter, *Gentiana Saponaria* och *G. Pneumonanthe* m. fl. ¹⁾.

I andra fall utöfvar proteinämnet en mer eller mindre *stärkande* inverkan på pollenkornens lifskraft, så att de bli i stånd att öfvervinna groningshämmande faktorer af mera tillfällig beskaffenhet:

1) i lösningar *med hög sockerhalt*, där pollenkornen på grund af det i mediet rådande starka osmotiska trycket ej kunna växa (drifva slangar), utlöser proteinämnet ofta en groning, som annars uteblifvit. Så gror t. ex. *Leucojum*-pollenet mycket bra — utan protein — i 10% rörsockerlösningar, men i 20% rörsockerlösningar endast i omedelbar närhet af ett proteinfragment. Detta förhållande har konstaterats i en mängd fall, såsom närmare framgår af den i det följande lämnade speciella redogörelsen.

2) I lösningar med *ringa sockerhalt*, hvarigenom det inre turgortrycket blir så starkt att tillväxten hämmas eller omöjliggöres — jämför saltvattensalger, som inställa sin tillväxt vid öfverföring i svagare NaCl-lösningar — utlöser äfven proteinämnena ofta en groning, som annars uteblifvit. Exempel: *Ruta graveolens* i 1% rörsocker-agarlösning, *Allium ursinum* m. fl.

3) Sådant pollen, som på grund af sin ålder har förlorat grobarheten i socker-agarlösningar, gror ofta mycket bra vid tillsats af proteinfragment till kulturmediet. Äfven i detta fall är naturligtvis groningen lokalt begränsad till zonen närmast omkring proteinämnena. Exempel: *Narcissus poeticus* m. fl. (Äfven gamla frön påstås af THOMSON-DORPAT kunna återvinna sin grobarhet genom behandling med diastaslösningar, hvilket förefaller något apokryfiskt).

III. Proteokemotropismens utbredning bland angiospermerna.

På det stadium, som mina undersökningar befunno sig år 1901, kunde jag endast meddela 5 angiosperm-familjer, inom hvilka det lyckats mig att påvisa re-

¹⁾ Enligt BURCK gro pollenkornen af *Mussendaea* endast i sådana lösningar, som innehålla levulos (Kon. Ak. van Wetensch., Amsterdam. Proceeding 1900). Då i detta fall minimala mängder af levulos kunna utlösa groningen, är det tydligen här frågan om en rent kemisk och ej osmotisk retningsverkan ss. i de fall, då pollenet ej gror i dest. vatten, men däremot väl i en 2—5% rörsockerlösning o. s. v. Proteinämnenas inverkan härvidlag är påtagligen af rent kemisk natur.

presentanter med för proteinämnen känsliga pollenslangar (proteokemotropism). Dessa familjer voro: *Liliaceæ*, *Narcissineæ*, *Aesculineæ*, *Accrineæ*, *Sambucineæ*.

Sedan dess har det, i främsta rummet tack vare den vidgning af experimental-fältet, som *agar-tekniken* medfört, lyckats mig att påvisa proteo-kemotropism hos snart sagdt alla undersökta angiosperm-familjer, hvilkas pollen öfverhufvudtaget kunna bringas till groningen. Endast i enstaka fall har detta misslyckats, troligen blott till följd däraf, att pollenslangarnes vitalitet, trots alla kauteler, varit nedsatt i det artificiella groningsmediet. Däremot har otvetydig proteo-kemotropism påvisats hos följande familjer:

Monocotyledones.

<i>Alismaceæ</i>	<i>Typhaceæ</i>	<i>Narcissineæ</i>
<i>Juncagineæ</i>	<i>Commelynaceæ</i>	<i>Bromeliaceæ</i>
<i>Potamogetoneæ</i>	<i>Colchicaceæ</i>	<i>Irideæ</i>
<i>Gramineæ</i>	<i>Liliaceæ</i>	
<i>Palmæ</i>	<i>Convallariaceæ</i>	

Dicotyledones.

<i>Corylaceæ</i>	<i>Sapindaceæ</i>	<i>Boraginaceæ</i>
<i>Cactaceæ</i>	<i>Aceraceæ</i>	<i>Solanaceæ</i>
<i>Ranunculaceæ</i>	<i>Rhamnaceæ</i>	<i>Scrophulariaceæ</i>
<i>Papaveraceæ</i>	<i>Crassulaceæ</i>	<i>Plantaginaceæ</i>
<i>Cruciferæ</i>	<i>Amygdalaceæ</i>	<i>Oleaceæ</i>
<i>Capparidaceæ</i>	<i>Papilionaceæ</i>	<i>Gentianaceæ</i>
<i>Resedaceæ</i>	<i>Loasaceæ</i>	<i>Apocynaceæ</i>
<i>Euphorbiaceæ</i>	<i>Datisceæ</i>	<i>Campanulaceæ</i>
<i>Tropseolaceæ</i>	<i>Begoniaceæ</i>	<i>Lobeliaceæ</i>
<i>Balsaminaceæ</i>	<i>Lythraceæ</i>	<i>Rubiaceæ</i>
<i>Rutaceæ</i>	<i>Onagrariaceæ</i>	<i>Caprifoliaceæ</i>
<i>Staphyleaceæ</i>	<i>Aristolochiaceæ</i>	<i>Sambucineæ</i>

Med representanterna af gruppen *quercifloræ* (utom *Corylus*), *Urticifloræ*, *Malvaceæ*, *Umbelliferæ* och *Compositæ* har visserligen erhållits pollengroning i socker-agarlösningar, men med hänsyn till kemotropismen inga otvetydiga resultat. Såsom redan framhållits, tyda emellertid åtskilliga omständigheter på, att de negativa resultatet i dessa fall berott på att pollencellernas vitalitet varit nedsatt i det konstgjorda näringsmediet, och att kemotropismen på den grund uteblifvit. I hvarje fall gestaltar sig faktiskt saken så, att de familjer, hos hvilkas pollen ingen tydlig proteo-kemotropism kunnat konstateras, bilda undantagen, de däremot, hvilkas pollen härhärvidlag gifvit positivt resultat, den stora majoriteten. Man torde alltså vara fullt berättigad till det generella påståendet, att *kemotropisk retbarhet gent emot proteinämnen (proteokemotropism) är en egenskap, som är allmänt utmärkande för angiospermernas pollenslangar.*

Efter denna anticiperande resumé följa nu de speciella iakttagelserna. Härvid bör anmärkas, att då det i det följande uppges, att en bestämd växts pollenslangar retas t. ex. af koagulerad albumin och kasein, detta ej får fattas så, som skulle de öfriga proteinämnen i detta fall vara verkningslösa. Af lätt insedda skäl har författaren ofta nöjt sig med att öfverhufvudtaget konstatera förhandenvaron af proteokemotropism, och alltså underlåtit att i hvarje särskildt fall pröfva *alla* till buds stående proteinämnen. I de fall, där detta skett, ha emellertid växter tillhörande vidt skilda grupper visat en frapperande öfverensstämmelse, så att t. ex. alla de proteinämnen, som kemotropiskt reta *Narcissiné*-pollen, utöfva en liknande inverkan icke blott på pollen af *Tradescentia*, utan också på pollen af t. ex. *Datisca canabina* och *Lythrum Salicaria*.

IV. Speciella iakttagelser.

Moncotyledones.

Alismaceæ.

Butomus umbellatus. Tämligen god groning i 10—15 % rörs.-agar. Vacker kemotropism gent emot helikoproteid samt koagulerad albumin; gentemot alkali-albuminat likaledes tydlig positiv retning, men ingen tydlig kemotropism gentemot växtprotein.

Potamogetoneæ.

Aponogeton distachyum. Mycket hastig groning i 1 % rörs.-agar. Tydlig kemotropism gentemot koag. ovalbumin.

Potamogeton perfoliatus gaf inga säkra resultat, enär det disponibla pollenet grodde mycket dåligt i rörs.-agar.

Gramineæ.

Graminéerna höra till de växter, hvilkas pollen endast undantagsvis kan bringas till groning i konstgjorda näringsvätskor. Alla hithörande försök, med undantag af dem, som anstälts med *Zea Mays*, ha misslyckats, ehuru alla tänkbara kauteler iakttagits och försöken anstälts med olika sockerarter och olika koncentrationer med eller utan agar och gelatin.

Försöken med *Zea Mays* utfördes så, att pollenet ur nyss öppnade ståndarknappar fick nedfalla direkt i 2 % rörs.-agar på objektglaset. Under sådana omständigheter bibehöllo kornen sin vitalitet i 16—20 timmar, men groning inträdde

endast, för såvidt fragment af proteinämnen införts i kulturdroppen. I protein-ämnets omedelbara närhet inträdde då talrika bristningar af *Zea*-pollenkornen, men en del, ofta 10—15 % af de närmast liggande kornen drefvo långa, väl utvecklade slangar, som visade en omiskännlig, stundom ganska vacker positiv proteo-kemotropism. En sådan konstaterades gent emot koag. ovalbumin, alkalialbuminat, kasein och mucinalkali.

Öfriga undersökta Graminéer kunde ej förmås till slangbildning i konstgjorda näringsvätskor.

Palmæ.

Af denna stora familj har jag blott varit i tillfälle att med hänsyn till kemotropismen undersöka pollenet af en art, näml. *Chamoedorea lunata*. Dess pollen gror ganska bra i 1 % rörs.-agar och visar mycket vacker kemotropism gent emot alkalialbuminat, i det att de korkskruflikt vridna slangarne växa massvis rakt på proteinkornen.

Äfven globulin, koag. ovalbumin och vitellin utöfvade stark positiv retning gent emot *Chamoedorea*-pollenet.

Typhaceæ.

PFEFFER uppger¹⁾, att pollenslangar af *Typha latifolia* i 10 % rörs.-gelatin vuxo rakt förbi märket af *Typha*, ett förhållande, som af honom, ehuru med eu viss reservation, tolkas som bevis på frånvaron af kemotropisk retbarhet hos pollenslangarne. Det *Typha*-pollen (af *T. latifolia*), som stod mig tillbuds, visade talrika bristningar i 10 % rörs.-agar, men grodde ganska jämnt i 15 % rörs.-agar. I lösningar af denna koncentration inträdde tydlig positiv kemotropism gent emot koag. ovalbumin och alk.-albuminat.

Commelynaceæ.

Tradescantia virginica. Frömjölet af denna art är jämte Narcissinéernas pollen måhända det tacksammaste försöksobjektet i och för pollenkemotropiska undersökningar. I destilleradt vatten och svaga rörsockerlösningar inträder groning mycket-hastigt, ofta på 1—2 minuter, och slangarne växa lika raskt som de hos *Impatiens*-arterna²⁾; men redan i 7,5-procentiga rörsockerlösningar visa flertalet korn ännu efter 5 timmar icke spår af groning, för såvidt de ej befinna sig i omedelbar närhet af ett proteinämne, och i 10 % lösningar inträder öfverhufvudtaget ingen groning, för såvidt den ej utlöses af en proteinsubstans. Pollenslangarne äga mycket stark kemotropisk känslighet gentemot proteinämnen, men den allt efter kulturmediets koncentration varierande gronings- och tillväxthastigheten gör att den kemotropiska reaktionen utfaller tämligen olika allt efter agarlösningens sockerhalt. Ur försöksprotokollen må följande data anföras:

¹⁾ Untersuchungen aus dem botan. Institut. zu Tübingen Bd. I, p. 470.

²⁾ Jfr. LIDFORSS: Weitere Beiträge zur Biol. des Pollens, Jahrb. f. wissensch. Botanik Bd XXXIII, p. 301; BÜCHNER: Zuwachsgrößen und Wachstumsgeschwindigkeiten bei Pflanzen. Inaug.-dissert. 1901, p. 14 ff.

10 % rörs.-agar. Ännu efter 24 timmar ingen groning i preparaten utom i proteinfragmentens omedelbara närhet; här förefinnes vacker och regelbunden groning, slangarne växa på och borra sig in i kornen; stundom pressa de sig utefter kornen på ett sätt, som till utseendet mycket erinrar om haptotropiska fenomen, men som påtagligen är framkalladt af kemotropism. Med positivt resultat pröfvades alkalialbuminat, kasein, globulin.

7,5 % rörs.-agar. Efter $\frac{1}{2}$ timme utmärkt groning och idealiskt vacker kemotropism kring fragment af nuklein, vitellin och alkoholextraherad thymus; för öfrigt inga groningar i preparatet. Ännu efter 5 timmar äro flertalet korn ogrodda, men kring proteinfragmenten lika vacker kemotropism som med det känsligaste *Narcissin*-pollen, ehuru slangarne vanligen växa fram mot irriteramentet i vidare bågar än hvad fallet är hos *Narcissus*.

Äfven en del torra pulverformiga preparat af animala organ t. ex. *lien siccatus* pulv. (Merck) samt *thyreoidea sicc.* framkallade i 7,5 % rörs.-agar tydlig, men ej synnerligen stark pos. kemotropism.

I 5 % rörs.-agar inträder groningen fullkomligt oberoende af proteinämnenas närvaro och i regeln mycket hastigt (på ett par minuter). Ofta finner man därför, att kemotropismen vid denna koncentration framträder märkbart svagare än i agarlösningar med högre sockerkoncentration. Särskildt är detta fallet, om svårslösliga proteinämnen i *torrt* tillstånd appliceras på kulturvätskan; ha däremot proteinkornen förut varit i tillfälle att uppsuga vatten, så att en partiell upplösning redan börjat, sker naturligtvis diffusionen i agardroppen hastigare. I 5 % rörs.-agar erhöles mycket kraftig kemotropism med alkalialbuminat, helicoproteid, nukleoalbumin ur oxgalla, zein, nuklein, intorkad thymus, mucinalkali; mindre stark, men dock mycket tydlig med vitellin, växtprotein, parakasein och glutenkasein; svag kemotropism med pseudonuklein. Histon verkade giftigt, utan att framkalla vare sig positiv eller negativ kemotropism.

I 2 % rörs.-agar gestaltade sig förhållandena ungefär på samma sätt som i 5 % lösning.

Tydliga *repulsionsverknningar* erhöles med *sur äpplesyrad kalk*. Smärre fragment af detta tämligen svårslösliga salt placerades i en 5 % rörs.-agar-kultur, där de småningom, men helt sakta gingo i lösning, så att ett rundt diffusionsfält uppstod. I hela den centrala delen af detta fält undertrycktes groningen, delvis på grund af kornens bortdöende, men i diffusionszonens periferi växte nästan alla slangar centrifugalt utåt, påtagligen till följd af negativ kemotropism.

Öfverensstämmande resultat erhöles äfven med pollen af andra *Commelyna*-cées t. ex. *Tradescantia zebrina*, *Commelyna caelestis*.

Colchicaceæ.

Zygodemus elegans. Efter tre timmar vacker groning i 1 % rörs.-agar; tydlig kemotropism gentemot koag. ovalbumin och alkalialbuminat.

Med liknande resultat undersöktes äfven frömjöl af *Zygademus glaberrimus* och *Colchicum autumnale*. Frömjölet af *Colchicum* visar såväl i 5 % rörs.-gelatin som i ren gelatin tydlig pos. kemotropism gent emot den papillklädda delen af märket. Snittytan synes verka giftigt; den öfriga delen af märket indifferent.

Liliaceæ.

Scilla verna. God groning i 15 % rörs.-agar. Tydlig positiv kemotropism gent emot alkalialbuminat, svagare gent emot ovalbumin.

Scilla pratensis. Mer än 50 % brista i 20 % rörsockergelatin, men de utvuxna slangarne visa ofta otvetydig positiv kemotropism gent emot dialyserad ägggula. — Repulsionsfenomen sådana som vid inverkan af diastas iakttagits hos *Scilla campanulata*¹⁾, kunde ej konstateras hos de två ofvannämnda *Scilla* arterna.

Chionodora Lusilia. I 15 % rörs.-agar väcker kemotropism gent emot alk.-albuminat, svagare gent emot koag. ovalbumin.

Chionodora major: som föregående.

Allium luteum. Utmärkt groning i 15 % rörs.-agar. Globulin: tydlig kemotropism, dock tämligen lokalt begränsad. Kasein: utmärkt väcker kemotropism-vida starkare än med globulin, påminnande om den hos *Narcissus Tazetta*, men bågarne något vidare.

Allium odorum. God groning i 5—15 % rörs.-agar; utmärkt kemotropism gentemot kasein, parakasein och helikoproteid, betydligt sämre gent emot nuklein.

Allium Stellerianum undersöktes i 7,5 % rörs.-agar med samma resultat som föregående arter.

Ang. *Allium ursinum* jfr. Studier I p. 12.

Agapanthus umbellatus. Utmärkt groning i 1—5 % rörs.-agar; stark och tydlig positiv kemotropism gent emot alkalialbuminat, koag. ovalbumin, globulin, kasein och helikoproteid²⁾.

Funkia cordata. Kulturer i 10 % rörs.-agar visade efter 6 timmar följande förhållanden:

Kasein: ingen groning i preparatet utom i kaseinkornens omedelbara närhet; här väcker groning och tydlig positiv kemotropism.

Globulin (kristallin från Merek). Ingen groning utom där och hvar kring proteinkornen; här äfven tydlig kemotropism.

Koagulerad ovalbumin och växtprotein förmådde ej framkalla spår af groning i 10 % rörs.-agar.

I 7,5 % rörs.-agar efter 4 timmar: ingen groning utom i omedelbara närheten

¹⁾ Studier I p. 13.

²⁾ De negativa resultat, som förut erhållits med pollen af *Agapanthus umbellatus* torde i främsta rummet bero därpå, att gelatinet för flertalet Liliacéers pollen är ett relativt ogynnsamt kultursubstrat. Detta torde äfven vara orsaken till, att pollen af *Tulipa Gesneriana* och *Fritillaria imperialis* gifvit negativa resultat med hänsyn till proteokemotropism. (Jfr. Studier I p. 12).

af nukleinkorn, här däremot långa slangar, som visa synnerligen vacker kemotropism. Alkalialbuminat: samma inverkan.

I 5 % rörs.-agar inträder groning i hela preparatet, här är alltså den från protein-kornen utgående retningen öfverflödlig. Vacker pos. kemotropism gent emot alkali-albuminat, mucinalkali och nuklein, mindre tydlig gent emot legumin.

Hemrocallis flava. I 5 % rörs. tämligen ojämn groning, men tydlig, vacker kemotropism gentemot kasein och mucinalkali.

Angående öfriga *Liliacéer* jfr. Studier I p. 11—13.

Convallariaceæ.

Cordylina Haageana. I 5 % rörs.-agar jämn och vacker groning. Utmärkt pos. kemotropism gent emot ovalbumin, alkalialbuminat, globulin, legumin, kasein, helikoproteid, mucinalkali och nuklein.

Charlewoodia congesta. Frömjölet af denna art öfverensstämmer med hänsyn till groning och kemotropism fullkomligt med det af *Cordylina*.

Narcissineæ.

Zephyranthus candidus. God groning i 5 % rörs.-agar, mindre god i 0,75 % men i båda fallen tydlig kemotropism gentemot alkalialbuminat, parakasein och helikoproteid.

Zephyranthus Atamascorum. Som föregående.

Crinum capense. Groning i 5—10 % rörs.-lösning, vacker kemotropism gent emot alkalialbuminat, mucinalkali och globulin.

Galanthus nivalis. 15 % rörs.-agar. Tämligen god groning i hela preparatet, men märkbart bättre i närheten af korn af växtprotein och alkalialbuminat; här äfven tydlig kemotropism.

10 % rörs.-agar: mycket jämn groning, synnerligen stark kemotropism gentemot koagulerad äggula.

Leucojum vernum. Efter tre timmar konstaterades följande:

I 15 % rörs.-agar ingen groning utom *omedelbart* intill korn af alkalialbuminat, här äfven utmärkt kemotropism; däremot visade sig kristallin och mucinalkali oförmögna att utlösa groning.

I 20 % rörs.-agar: kring korn af alkalialbuminat svag groning och svag, men tydlig kemotropism; för öfrigt ingen groning i preparatet.

Leucojum æstivum. I 20 % rörs.-agar endast groning i närheten af proteinfragment (diastas). Omkring dessa mycket vacker groning och hos *de närmast liggande pollenlangarne utpräglad kemotropism*, som däremot ej förefinnes hos de på längre afstånd från proteinämnet utvuxna slangarne. Här förefinnes alltså en zon, där diastasen visserligen åstadkommit groning, men ej kemotropism.

Narcissus poeticus. Utom med de i Studier I nämnda proteinämnena har positiv kemotropism erhållits med Zein (Hammarsten) samt ett preparat af alkohol-

tvättad thymus«, erhållet från prof. BANG. Däremot visade sig ett likaledes från prof. BANG erhållet preparat af nukleinsyrad histon vara kemotropiskt verkningslöst, ehuru oskadligt. Saltsur histon (BANG) och basisk histon (BANG) visade sig båda vara starkt giftiga, utan kemotropisk inverkan. Samma var förhållandet med nukleoproteid ur lymfkörtlar samt guanylsyra och glutaminsyra.

Med positivt resultat har däremot pröfvats dels en del näringsämnen såsom *kokt äggula*, *hvetebrod* o. s. v., dels snitt ur *ogrodda frön* t. ex. *Ricinus*-frön, *Sojaböner*, *bittermandel*, *ärter* o. s. v. Alla dessa substanser visade sig utöfva en mer eller mindre stark kemotropisk inverkan på pollenslangarne af *Narcissus poeticus*.

Anmärkningsvärda resultat ha äfven erhållits angående proteinämnenas inverkan på äldre, försvagadt pollen. Så t. ex. har det visat sig, att *Narcissus*pollen, taget från blommor, hvilka under en vecka förvarats (med stjälkarne stående i vatten) i laboratoriet, ej grodde i 20 % rörsockergelatinlösningar utom i proteinkornens omedelbara närhet. Här inträdde äfven kemotropism, men denna var starkt försvagad. Pollen, som efter en torr, varm period hemtats ur från för 14 dagar sedan afblommade pingstliljor, grodde i 7 % rörsockerlösning endast i kanterna af preparatet, där lösningen koncentrerats genom afdunstning, samt dessutom i omedelbarhet af fragment af växtprotein, där äfven kemotropism inträdde. I detta fall var alltså proteinsubstansen i stånd att häfva en genom för högt turgortryck uppkommen sistingering af tillväxten. Liknande iakttagelser ha äfven gjorts i andra fall t. ex. med frömjölet af *Ruta graveolens*.

Vallota purpurea. Frömjölet af denna växt lämpar sig synnerligen väl för fysiologiska studier, dels emedan det gror nästan lika bra i ren gelatin eller agar ¹⁾ som i 1—10 % rörsockerlösning, och dels därför att de utväxande slangarne äga en synnerligen starkt utpräglad kemotropisk sensibilitet, som emellertid med afseende på de retande ämnenas kemiska kvalitet fullkomligt öfverensstämmer med *Narcissus*. De ifrågavarande försöksprotokollen förbigås därför i detta samband, däremot har det onekligen sitt intresse att skärskåda de resultat, som erhållits vid försök angående den inverkan, som andra växters märken och stift utöfva på pollenslangarne af *Vallota*. Ur de hithörande protokollen må följande data anföras, hvarvid bör anmärkas att samtliga dessa kulturer utförts i 5 % rörs.-gelatinlösningar.

Torenia asiatica: märket och stiftets snittyta utöfvar stark pos. kemotropisk retning.

Salvia sp.: märkeflikarne reta svagt, stiftets snittyta tydligt.

Thunbergia allata: stiftets snittyta attraherar; öfre delen af stiftet och märket verkar tämligen giftigt, så att en möjligen förhandenvarande kemotropism maskeras.

Cyclamen europæum: märke och stift synas verkningslösa, stiftets snittyta verkar mycket giftigt.

¹⁾ För många *Narcissinées* pollen synes gelatin vara ett lika lämpligt kultursubstrat som agar.

Begonia rex: stark attraktion mot det papillklädda märket.

Lupinus polyphyllus: märket verkar mycket giftigt, synes repellera; snittytan giftig, men stiftet för öfrigt indifferent.

Lathyrus silvestris: märkesspetsen giftig, stiftet och snittytan attraherande.

Lathyrus tintillans: den papillklädda delen af märket starkt attraherande, likaså snittytan.

Colchicum autumnale: den papillklädda delen af märket starkt pos. kemotropiskt, snittytan mycket giftig.

Agapanthus umbellatus som *Colchicum*, men snittytan dödande på en omkrets med 6—7 mm. genomskärning.

Bromeliaceæ.

Billbergia amoena. I 1,5 % rörs.-agar utmärkt groning, och synnerligen vacker kemotropism gent emot växtprotein; slangarne växa äfven in i proteinsubstansen och böja sig sedan samman till ett nystan liksom *Hæmanthus*-slangarne. Äfven koagulerad äggula framkallar tydlig pos. kemotropism.

I ren agar inträder likaledes vacker groning och utpräglad kemotropism gent emot kasein.

I 15 % rörs.-agar gro endast de korn, som ligga inom diffusionszonen från något proteinämne t. ex. *växtprotein*, *kasein*. Positiv kemotropism framträdde äfven i detta fall synnerligen tydlig.

Däremot ha kulturer af *Billbergia*-pollen i sockerlösningar med *gelatin* endast gifvit negativa resultat med afseende på kemotropismen: kornen grodde ganska väl i 6—12 % rörs.-gelatinlösningar, men pollenslangarne vuxo fullkomligt indifferent förbi fragment af diastas, globulin, mucin, mucinalkali och växtprotein, ehuru samtliga dessa ämnen visade sig oskadliga. Troligen stod kemotropismens uteblifvande i detta fall i samband med gelatinens halt af ämnen (salter o. s. v.), som försvagat den kemotropiska sensibiliteten (jfr. *Liliaceæ.*)

Irideæ.

ELFVING¹⁾ uppger, att han förgäfves sökt förmå de undersökta *Iris*-arternas pollen att gro i konstgjorda näringslösningar. Detta har ej heller lyckats mig med de af ELFVING anförda arterna, men väl med:

Iris Pseudacorus, hvars frömjöl i 5—10 % rörs.-agar drifver långa, vindlade slangar, som visa otvetydig pos. kemotropism gent emot koag. ovalbumin, alkali-albuminat och helikoproteid.

Sisyrinchium Bermudianum. I 0,15 % rörs.-agar god groning kring alkali-albuminat och tydlig kemotropism gent emot detta.

¹⁾ ELFVING: Studium über die Pollenkörner der Angiospermen, Jenaische Zeitschrift f. Naturwiss. 1879, Bd. I.

Pontederiaceæ.

Pontederia cordifolia. I 1 % rörs.-gelatin mestadels endast sporadisk groning, men kring korn af alk.-albuminat eller ovalbumin synnerligen vacker slangbildning. Här förefinnes äfven tydlig kemotropism, slangarne växa i långa bågar in emot proteinsubstansen, hvars groningsretande inverkan äfven sträcker sig till den perifera zon, där ingen kemotropisk reaktion kommer till stånd. (Jfr. *Leucojum*).

I 7,5 % rörs.-agar inträder utomordentligt *hastig* groning — på ett par minuter bildas långa slangar; här konstaterades äfven tydlig kemotropism gent emot kasein, globulin, mucinalkali.

Med representanter af *Musaceæ* och *Orchidaceæ* ha tillsvidare inga fullt säkra resultat erhållits, beroende på dessa växters obenägenhet att bilda pollenslangar i konstgjorda kulturer.

Dicotyledones.

Salicineæ.

Salix caprea. I 8 % rörs.-gelatin tydlig kemotropism gent emot dialyserad ovalbumin. — Äfven märken af *S. caprea* utöfva i 8 % rörs.-lösning tydlig attraktion.

Corylaceæ.

Corylus Avellana. I ren agar (1 %) tämligen god groning, bäst i närheten af proteinsubstans t. ex. alkalialbuminat; här äro slangarne långa, vindlade och visa otvetydig pos. kemotropism.

Pollenslangarne af *Corylus* äro i rena agarkulturer ovanligt långlifvade. Så t. ex. befunnos sådana slangar ännu efter en veckas uppehåll i agardroppen vara fullt lifskraftiga, efter att under denna tid ha vuxit högst betydligt och upprepade gånger förgrenat sig dikotomiskt.

Urticaceæ.

Urtica urens. Pollen af denna art gror tämligen dåligt i ren agar eller 1 % rörs.-lösning, men visar tämligen tydlig kemotropism gent emot koag. ovalbumin.

Cactaceæ.

Cereus grandiflorus. Tämligen god groning i 20 % rörs.-agar. Positiv kemotropism gent emot diastas och koag. ovalbumin.

Ranunculaceæ.

Aconitum pyrenaicum. I 2 % rörs.-agar inträda en del bristningar, men flertalet korn drifva väl utvecklade slangar, som visa tydlig pos. kemotropism gent emot koag. ovalbumin.

I 10 % rörs.-agar: hastig och jämn groning, tydlig kemotropism gent emot koag. ovalbumin.

Angående *Caltha palustris* jfr. Studier I p. 14 samt denna afhandling, noten till kapitlet »Repulsionsfenomen».

Papaveraceæ.

Papaver Rhæas. Synnerligen vacker groning i 10 % rörs.-agar, slangarne ännu efter 20 timmar synnerligen lifskraftiga, växa ur agarn ut i luften, hvilket antyder frånvaro af negativ aerotropism. Tydlig kemotropism gent emot koag. ovalbumin.

I 10 % rörs.gelatin groningsansatser redan efter $\frac{1}{2}$ timme, men blott sporadisk slangbildning, ingen tydlig kemotropism.

Cruciferae.

Hesperis violacea. I 1 % rörs.gelatin brista alla korn, ingen enda groning. I 5 % rörs.gelatin inträda en del groningar, som antingen befinna sig i kanten af preparatet, där sockerhalten stegrats genom afdunstning, eller också i omedelbar närhet af diastaskorn, som äfven framkalla positiv kemotropism.

Capparidaceæ.

Cleome gigantea. I 2—10 % rörs.-agar god groning och mycket vacker pos. kemotropism gent emot koag. ovalbumin.

Resedaceæ.

Reseda luteola. I 5 % rörs.-agar hastig, jämn groning, men ingen tydlig kemotropism gent emot alkalialbuminat och koag. ovalbumin. I 10—15 % rörs.-agar, där groningen sker långsammare, inträder omisskänlig pos. kemotropism gent emot de ofvannämnda proteinämnena samt emot globulin.

Euphorbiaceæ.

Frömjölet af de undersökta *Euphorbiaceerna* (*Mercurialis perennis*, *M. annua*, *Euphorbia splendens*, *Euphorbia* sp., *Ricinus communis*) gror påfallande dåligt såväl i agar- som gelatinlösningar med eller utan socker. I allmänhet befordras dock groningen märkbart af proteinämnen, hvilka också af allt att döma framkalla positiv kemotropism. På grund af pollenslangarnes mindre goda kondition var emellertid denna kemotropism ofta tämligen otydlig.

Tropæolaceæ.

Tropæolum majus. I 10 % rörs.-agar mycket hastig groning, af slangarne brista efterhand omkring 50 %. Ingen tydlig kemotropism gent emot de undersökta proteinämnena (alkalialbuminat, koagulerad ovalbumin).

I 15 % rörs.-agar tydlig slangbildning på 2—3 minuter; efter en timme iakttofs följande:

Kasein: mycket tydlig kemotropism, men inskränkt till proteinsubstansens allra närmaste omgifning.

Globulin: samma inverkan som kasein.

Vitellin: » » » »

Växtprotein: tydlig kemotropisk inverkan, sträckande sig öfver märkbart större yta än i föregående fall. — Mucinalkali: som växtprotein, men inverkan ännu mera diffus.

I 20 och 25 % rörs.-agar inträder groningen betydligt långsammare, men kemotropismen är starkt utpräglad gent emot proteinsubstanser (koag. ovalbumin, alkalialbuminat).

Balsaminaceæ.

Impatiens scabrída. I 15 % rörs.-agar tydlig kemotropism gent emot koag. ovalbumin. I sockergelatinlösningar erhöles endast negativa resultat med hänsyn till kemotropismen.

Rutaceæ.

Ruta graveolens. I 10 % rörs.-gelatin erhöles ingen groning, men väl i 5—10 % rörs.-agar; i senare fallet också vacker pos. kemotropism gent emot alkalialbuminat och koagulerad ovalbumin.

I ren agar erhöles (i augusti, varmt och torrt väder) äfven groning, men här endast i omedelbar närhet af proteinkornen, som i detta fall alltså förmådde upphäfva en genom inre turgortryck uppkommen tillväxthämning. Här äfven utpräglad kemotropism.

Vid en senare företagen kulturserie (25 sept.) erhöles äfven i ren agar allmän vacker groning, troligen beroende på att luftens större fuktighetshalt minskat pollen-kornens vattentilldragande kraft.

Staphyleaceæ.

Staphylea trifoliata. Utmärkt groning i 20 % rörs.-gelatin. Att börja med drifva kornen vanligen två, stundom tre lika långa slangar, af hvilka dock i regeln endast en når någon mera betydande längd. Under första tiden äro dessa slangar starkt, ofta halfcirkelformigt krökta, men växa snart mera rakt och visa då en utpräglad pos. kemotropism gent emot växtprotein och dialyserad äggula. Kemotropismen, som sträcker sig öfver en yta af flera millimeters genomskärning, är hos denna art lika påfallande som hos *Narcissinéerna*.

Staphylea pinnata. Pollen-tämligen dåligt, gror oregelbundet i sockergelatin, men de utvuxna slangarne visa en lika utpräglad protekemotropism som hos föregående art.

Angående *Sapindaceæ* och *Aceraceæ* jfr. Studier I p. 13—14.

Malpighiaceæ.

Malpighia glabra. Tämligen dålig groning i 5 % rörs.-agar, men omiskänlig kemotropism gent emot alkalialbuminat.

Rhamnaceæ.

Ceanothus azureus. På två timmar utmärkt groning i 2 % rörs.-agar och vacker kemotropism gent emot alkalialbuminat och kasein; slangarne växa i långa bågar, påminnande om dem hos *Tradescantia*. — På sådana ställen, där pollenkornen kommit att ligga tätt tillsammans i för öfrigt isolerade massor, bilda de utväxande slangarne hopslingrande bylten eller nystan, hvilket tyder på en starkt utvecklad, negativt aerotropisk känslighet. (Jfr. i det följande kap. om negativ aerotropism).

Crassulaceæ.

Echeveria metallica. I 3 % rörs.-gelatin mycket hastig och kraftig groning och tydlig kemotropism gent emot koagulerad ovalbumin.

I ren gelatin god, men långsammare groning, för öfrigt som i föreg. fall.

I 10 % rörs.-agar jämn groning, men först efter 4—5 timmar; kemotropism synnerligen starkt utpräglad gent emot koag. ovalbumin.

Pachyphytum bracteatum: som *Echeveria*.

Drupaceæ.

Prunus avium. I 7 % rörs.-gelatin tydlig kemotropism gent emot det egna märket (den papillbeklädda ytan) samt emot koag. ovalbumin.

Papilionaceæ.

Lathyrus latifolius. I 5—10 % rörs.-agar tämligen hastig groning och ingen tydlig kemotropism gent emot proteinsubstanser. I 20 % rörs.-agar däremot långsammare groning, och inskränkt till proteinsubstansens omedelbara närhet i detta fall mycket tydlig kemotropism gent emot koag. ovalbumin.

Baptisia Leucantha. I 10 % rörs.-agar ingen groning utom i närheten af växtprotein och globulin; här äfven pos. kemotropism.

Loasaceæ.

Mentzelia Lindleyana. Synnerligen vacker och regelbunden groning i 10—15 % rörs.-agar. Utomordentligt stark kemotropism gent emot alkalialbuminat, koagulerad ovalbumin och helikoproteid.

Alkoholtvättad thymus verkar groningshämmande, så att de närmast liggande kornen förete kulformiga uppsvällningar i stället för slangar; på längre afstånd från kornen inträder dock äfven här tydlig positiv kemotropism.

Datisceaceæ.

Datisca cannabina. Frömjölet af denna art gror synnerligen jämnt och bra i agarlösningar med tillsats af 1—2 % rörsocker. I 1 % rörs.-agar inträder på kort tid groning i hela preparatet, och utmärkt pos. kemotropism gent emot alkalialbuminat, koagulerad ovalbumin, legumin, kasein, parakasein, vitellin, globulin, helikoproteid, nuklein, pseudonuklein (svag, men tydlig retning), alkoholtorkad thymus.

I 2 % rörs.-agar inträder under de tre första timmarne groning endast i omedelbar närhet af korn af de ofvannämnda proteinsubstanserna, som alla verka i hög grad groningsbefordrande och samtidigt framkalla utpräglad positiv kemotropism. Småningom inträder dock groning i större delen af preparatet, och kemotropismen blir då ofta mindre tydlig.

Begoniaceæ.

Begonia hybrida. Jämn groning i 15 % rörs.-agar; tydlig kemotropism gent emot koagulerad ovalbumin, samt äfven, ehuru mindre tydligt, gent emot alkalialbuminat.

I 1,2 % rörs.-agar äfvenledes god groning; alkalialbuminat och globulin verka under dessa omständigheter något skadligt, så att många korn dö utan slangbildning i proteinsubstansens omedelbara närhet; de utvuxna slangarne visa tydlig positiv kemotropism.

Lythraceæ.

Lythrum Salicaria. Pollenslangarne af denna art äga en synnerligen starkt utbildad kemotropisk känslighet, påminnande om den hos *Narcissus Tazetta*. Ur försöksprotokollet må följande meddelas:

18 juli, varm, solig dag: i 5 % rörs.-agar många bristningar, men utomordentligt vacker kemotropism gent emot alkalialbuminat, koagulerad ovalbumin, helikoproteid, vitellin och globulin.

30 juli, regnigt väder, tämligen kallt. Utmärkt groning i 5 % rörs.-agar, men endast kring proteinkornen; här äfven en stark ökning af tillväxthastigheten, så att de slangar som retas kemotropiskt, äro betydligt längre än de på gränzonen liggande, hvilka visserligen föranledts till groning, men ej till kemotropism.

Små, medelstora och stora pollenkorns slangar visa med afseende på kemotropismen inga skiljaktigheter.

Heimia salicifolia. I 1 % rörs.-agar synnerligen vacker, äfven på tämligen långt håll märkbar pos. kemotropism gent emot alkalialbuminat.

Aristolochiaceæ.

Aristolochia elegans. Sporadisk groning i 10 % rörs.-agar, men tydlig kemotropism gent emot koag. ovalbumin.

Primulaceæ.

Primula obconica. Tämligen god groning i 5 % rörs. agar. Påtaglig kemotropism gent emot alkalialbuminat och koagulerad ovalbumin.

P. chinensis: som föregående.

Cyclamen europæum. I 10 % rörs. agar utmärkt groning, men bäst i närheten af ett proteinämne. Tydlig kemotropism gent emot alkalialbuminat och kasein.

Hydrophyllaceæ.

Whitlavia campanulacea. I 10—15 % rörs.-agar utmärkt groning kring korn af koagulerad ovalbumin, men för öfrigt icke. Kring proteinsubstansen utmärkt positiv kemotropism. Kring globulin (kristallin) likaledes utmärkt groning på täml. stort område och vacker pos. kemotropism. Alkalialbuminat: dålig groning, men de utvuxna slangarne visa utpräglad kemotropism.

Phacelia tanacetifolia. I 10—25 % rörs.-gelatin dålig groning, men de bildade slangarne visa tydlig pos. kemotropism gent emot växtprotein och koagulerad ovalbumin.

Phacelia congesta och *Cosmanthus fimbriatus:* som *Whitlavia.*

Boraginaceæ.

Symphytum officinale. I 10 % rörs.-agar i allmänhet endast sporadisk groning, men tämligen riklig slangbildning kring alkalialbuminat; här äfven en del bristningar men för öfrigt tydlig vacker kemotropism. I 15—20 % rörs.-agar inträdde öfverhufvudtaget ingen groning.

Öfriga undersökta Boraginéer kunde ej förmås till slangbildning i kulturvätskor.

Solanaceæ.

Schizanthus pinnatus. God groning i 10 % rörs.-agar. Tydlig kemotropism gent emot alkalialbuminat, som äfven verkar groningsbefordrande och stärkande med hänsyn till vitaliteten.

Nicotiana Sanderæ och *N. rustica:* som *Schizanthus.*

Scrophulariaceæ.

Veronica longifolia. Utmärkt groning i 10 % rörs.-agar, tydlig kemotropism gent emot koagulerad ovalbumin; slangarna växa i långa bågar som hos *Tradescantia* i svaga sockerlösningar.

Linaria vulgaris. I 10 % rörs.-agar sporadisk groning, lösningen tydligen något för stark, men det oaktadt tydlig kemotropism gent emot koagulerad ovalbumin.

Gesneraceæ.

Rhytidophyllum tomentosum. Vacker groning i 10 % rörs.-agar. Tydlig pos. kemotropism gent emot koagulerad ovalbumin, alkalialbuminat, globulin och helikoproteid.

Med *Rhytidophyllum* öfverensstämma *Isoloma hirsuta* och *Columnnea frutescens.* — I sockergelatin erhöles, trots tämligen god groning, inga säkra resultat med de nu nämnda Gesneracéerna.

Oleaceæ.

Syringa vulgaris. God groning i 20 % rörs.-gelatin; utpräglad pos. kemotropism gent emot märket, samt äfven, ehuru svagare, gent emot växtprotein.

Olea verrucosa. I 2 % rörs.-agar inga bristningar, men endast sporadiska groningar, dock talrikare i närheten af kaseinkorn, som äfven förauleda positivt kemotropiska krökningar. Globulin verkar på samma sätt, men synes vara något kraftigare som kemotropikum.

Gentianaceæ.

Gentiana Saponaria. I 2 % rörs.-agar tämligen dålig groning utom omkring korn af proteinsubstans, som verka i hög grad stimulerande på groningen och kornens lifskraft öfverhufvud. Tydlig positiv kemotropism iaktogs gent emot koagulerad ovalbumin, kasein (synnerligen stark), parakasein och helikoproteid.

Gentiana Pneumonathe. Pollen tämligen nyckfullt med hänsyn till groningen i kulturvätskor; t. ex. i 5 % rörs.-agar stundom ganska vacker groning, stundom ingen. Proteinämnen verka dock alltid groningsstimulerande. Utmärkt vacker pos. kemotropism gent emot kasein, vitellin, globulin.

Erythraea litoralis och *E. glomerata:* som *Gentiana.*

Loganiaceæ.

Buddleja Lindleyana. Groning i 2 % rörs.-agar hufvudsakligen inskränkt till proteinsubstansens närhet; tydlig kemotropism, slangarne växa mestadels redan från början rakt på proteinfragmenten (koagulerad ovalbumin, alkalialbuminat. kasein).

Apocynaceæ.

Lochnera rosea. Utmärkt groning i 10 % rörs.-agar; synnerligen vacker pos. kemotropism gent emot koag. ovalbumin, globulin, kasein och helikoproteid.

Lobeliaceæ.

Lobelia fulgens. Efter 5 timmar i 10 % rörs.-agar antydan till börjande groning i hela preparatet, men kring korn af koag. ovalbumin långa slangar, som visa utmärkt pos. kemotropism. — I 10 % rörs.-gelatin med tillsats af små mäng-

der fri äpplesyra, redan efter 1 timme tydlig groning, men starkast avancerad kring korn af koag. ovalbumin, som äfven reta pos. kemotropiskt.

Isotoma longiflora. God groning i 10 % rörs.-agar, men stark påskyndning i närheten af koagulerad ovalbumin, som också framkallar mycket vacker pos. kemotropism. De närmast liggande kornens slangar växa rakt på, de andra i långa bågar mot proteinsubstansen.

Globulin och alkalialbuminat utöfva i rörs.-agar samma inverkan som ovalbumin. I sockergelatinlösningar gaf pollen af denna art endast negativa resultat med hänsyn till kemotropismen.

Cinchonaceæ.

Penthas carnea. God groning i 50 % rörs.-agar, men mycket hastigare än annars kring proteinsubstanser. Stark positiv kemotropism gent emot koagulerad ovalbumin, alkalialbuminat, kasein och helikoproteid; slangarne växa ofta i långa bågar emot kornen, som de sedan smyga sig utefter skenbart haptotropiskt. De ofvannämnda proteinämnena verka alla starkt groningsstimulerande.

Med *Penthas* öfverensstämmar fullkomligt *Manettia* sp. och *Hamelia patens*.

Galiaceæ.

Galium verum. Groning i 5 % rörs.-agar. Tydlig kemotropism gent emot koag. ovalbumin och globulin.

Caprifoliaceæ.

Lonicera tatarica. I 20 % rörs.-gelatin stark pos. kemotropism gent emot märket, samtidigt brista många korn. Äfven otvetydig pos. kemotropism gentemot växtprotein, som dock tyckes verka något skadligt.

Sambucus racemosa. Utmärkt groning i 1 % rörs.-gelatin, vacker kemotropism gent emot tvättad olöst diastås, mindre god, men dock tydlig gent emot växtprotein.

Angående *Viburnum* jfr. Studier I p. 14.

IV. Allmänna resultat angående den kemotropiska reaktionen.

1). *De kemotropiskt retande ämnenas kemiska kvalitet.*

De erfarenheter, som i detta hänseende meddelats i Studier I 1, grunda sig hufvudsakligen på försök, som anställts med pollen af Narcissinéer. De fortsatta iakt-

tagelser, som af förf. anstälts under de sista fem åren, ha emellertid ådagalagt, att de resultat, som med hänsyn till irritamentens kemiska kvalitet faststälts för Narcissinéernas pollenslangar, äga generell giltighet öfver hela angiospermlinjen, för så vidt öfverhufvudtaget proteokemotropism här kunnat konstateras. Åtminstone har det i alla närmare undersökta fall visat sig, att den kemotropiska retningsförmågan ej tillkommer någon särskild grupp af proteinämnen, utan utmärker samtliga grupper af hithörande ämnen *med undantag af histonerna*. Af dessa hade visserligen en förening (nukleohiston från Hammarsten), som pröfvats 1900, visat sig utöfva en svag retning; sedan dess har jag emellertid genom prof. BANG's välvilja erhållit flera af honom framställda originalpreparat af histoner, hvilka alla ha visat sig vara starka gifter för pollenslangarne. De ifrågavarande preparaten utgjordes af *basisk histon*, *saltsur histon* och *nukleinsyrad histon*. Äfven ett från prof. BANG erhållet preparat af nukleoproteid ur lymfkörtlar verkade giftigt på pollenslangarne.

Bortsedt från dessa undantag synes det stora flertalet proteinämnen äga förmågan att reta pollenslangarne kemotropiskt, samt äfven verka groningsstimulerande. Detta gäller i hvarje fall för de undersökta representanterna för *albuminer*, *albuminater*, *globuliner*, *nukleoalbuminer*, *glukoproteider*, *nukleoproteider*, *albuminoider* samt bland fermenten *diastas*, *emulsin* och *ptyalin*.

Angående den starkare eller svagare retningsverkan, som dessa substanser utöfva på pollenslangarne, kunna knappast några generella lagbundenheter uppvisas. Hvad t. ex. Narcissinéerna beträffar, så äro här framför allt diastas och mucinalkali starka retmedel; men i andra fall, t. ex. för Liliacéernas vidkommande, visar sig detta ej vara fallet, i det att dessa växters pollenslangar retas vida bättre t. ex. af koagulerad ovalbumin. Det är emellertid högst sannolikt, att denna differens ej förorsakas af proteinämnenas egen natur, utan beror på förorenande mineral-salter o. s. v., som äro oskadliga för Narcissinéernas pollenslangar, men till en viss grad paralysera proteinsubstansens kemotropiska inverkan på det för salter i hög grad ömtåliga Liliacépollenet. En gifven roll spelar naturligtvis här äfven preparatets vattenlöslighet, som i sin ordning växlar med preparatets framställningssätt, dess ålder o. s. v. Under sådana omständigheter inses det lätt nog, att några allmänna slutsatser härvidlag näppeligen skulle äga vetenskapligt värde.

Däremot ha de fortsatta undersökningarna skänkt allnängiltighet åt den genom studiet af Narcissineerna vunna erfarenheten, att — bortsedt från kolhydraterna — proteinämnen och de dessa närstående fermenten äro de enda substanser, som förmå utöfva en *positiv kemotropisk inverkan* på pollenslangarne, så att dessa ämnen härvidlag kunna betraktas som specifika retmedel, jämförliga med äpplesyran hos Pteridofyterna, rörsockret hos bladmossorna o. s. v. Utom de ämnen, som anges i Studier I p. 17 (klyfningssprodukter af ägghviteämnen och närstående ämnen), ha äfven en del andra, analoga föreningar t. ex. glutaminsyra och guanilsyra pröfvats med hänsyn till pollenkemotropisk inverkan, men alla med negativa resultat.

Endast i ett fall har en kropp, ej tillhörig proteinämnenas klass, visat sig kunna reta positivt kemotropiskt. Detta var fallet med lecithin (ex ovo, från

Merck), hvilket utlöste en relativt svag, men tydlig positiv kemotropism hos pollenslangarne af *Tradescantia virginica*. Om det i detta fall varit lecithinet som sådant eller små föroreningar af proteinsubstans, som förorsakat den kemotropiska retningen, vågar jag ej afgöra. Anmärkas bör, att *Tradescantia*-pollenet utmärker sig för en ovanligt skarp sensibilitet gent emot proteinämnen. Gent emot mindre protein-känsliga pollenslangar t. ex. *Allium* visade sig lecithinet overksam som kemotropikum.

Utom af de ofvannämnda proteinämnena, som trots sitt mer eller mindre förorenade tillstånd dock måste betraktas som kemiska individer i vanlig mening, föranledas pollenslangarne till positivt kemotropiska krökningar äfven af en del andra i kemiskt hänseende heterogena substanser. Hit höra dels en del preparat af djuriska organ t. ex. *Lien pulv. sicc.* (Merck), *Testes pulv. sicc.* (Merck), samt en del födoämnen t. ex. hvetebröd, gulan och hvitan ur hönsägg¹⁾, vissa ostsorter. I alla dessa fall är det påtagligen de ifrågavarande substansernas halt af proteinämnen, som föranledt pollenkemotropismen. Den, som för undervisningsändamål o. s. v. vill demonstrera pollenslangarnes proteokemotropism, behöfver alltså endast gelatin, socker och ett hårdkokt ägg, hvarvid gulan är att föredraga framför den oftast något skadligt verkande hvitan. Som försöksväxter lämpa sig allt efter årstiden *Narsissus*-arter, *Viburnum Lantana*, *Aesculus*, *Lythrum Salicaria*, *Lobelia fulgens* o. s. v.

Med hänsyn till de kemotropiskt verksamma ämnenas natur diskuterades i Studier I p. 16—17 den frågan, »huruvida det verkligen är proteinämnena som sådana, hvilka framkalla den kemotropiska reaktionen. Med tanke på de diastatiska fermentens vidsträckta utbredning i djur- och växtkroppen skulle man kunna tänka sig den möjligheten, att de begagnade proteinämnena vid sin framställning impregnerats med diastatiska ferment, låt vara helt små mängder, men dock tillräckliga för att frambringa en kemotropisk retning. Det bör nämligen ihågkommas, att nästan alla växters organ föra större eller mindre mängder diastas, och i all synnerhet gäller detta om fröna, ur hvilka som bekant de vegetativa proteinämnena i allmänhet framställas. I djurkroppen förefinnas diastatiska ferment icke blott i spottkörtlar, pankreas o. s. v., utan, enligt hvad BIAL och RÖHMANN för ej länge sedan uppvisat, äfven i blod- och lymfserum. Ja, till och med i hönsägget förefinnes enligt MÜLLER'S och MASUYAMA'S undersökningar ett diastatiskt ferment och detta såväl i gulan som hvitan.»

För den nu antydda möjligheten talade utom hvad som nyss anförts, äfven den utomordentligt starka kemotropiska retverkan, som de pröfvade diastaspreparaten utöfvade i sådana fall, där deras halt af mineralsalter ej verkade skadligt. Mot det ifrågavarande antagandet talade bland annat det förhållandet, att *hämoglobin*,

¹⁾ Äfven gulan och hvitan ur *skatägg* (s. k. *Tata-albumin*) verkar starkt positivt kemotropiskt på *Narcissus*-pollen, ehuru samtidigt något giftigt.

som framställes ur de fullkomligt diastasfria röda blodkropparne, dock är ett ganska skarpt pollenkemotropicum¹⁾).

Sedan förra delen af dessa undersökningar offentliggjordes, ha emellertid beständare hållpunkter vunnits för afgörandet af detta spörsmål. Å ena sidan har ett preparat af *kristalliseradt* och enligt uppgift *fermentfritt* albumin, för hvilket jag har att tacka prof. BANG, visat sig vara ett kraftigt kemotropikum gent emot t. ex. *Narcissus* pollenslangar. I samma riktning gå äfven de slutsatser, som kunna dragas ur de rön, hvilka nyligen gjorts med hänsyn till *Marchantia* spermatozoernas kemotaxis. Enligt hvad förf. ådagalagt²⁾, påverkas äfven dessa kemotaktiskt af proteinämnen, och visa med hänsyn till de kemotaktiskt verksamma ämnenas kvalitet en påfallande öfverensstämmelse med pollenslangarne³⁾. För dessa fritt kring-simmande spermatozoer är det möjligt att med ganska stor noggrannhet bestämma »retningströskeln», d. v. s. den lägsta koncentration, vid hvilken retmedlet ännu verkar kemotropiskt. För diastasen å ena sidan och det med ytterst små diastasmängder impregnerade ovalbuminet erhåller man då så närliggande värden ($\frac{1}{2000000}$, $\frac{1}{1000000}$), att hvarje tanke på att diastasen i senare fallet skulle vara den kemotaktiskt verksamma beståndsdel i preparatet måste uppgifvas. Ehuru analogi-slutledningar som bekant endast äga ett relativt berättigande på det biologiska området, torde man dock i betraktande af pollenslangarnes och *Marchantia*-spermatozoernas öfverensstämmelse i öfrigt, i det nyss relaterade förhållandet kunna se en bekräftelse af den åsikten, att det är proteinämnena själfva, som oberoende af diastatiska tillsatser föranleda den kemotropiska reaktionen hos pollenslangarne.

Ett förhållande, som i förstone synes tala för den uppfattningen, att halten af diastatiska ferment vore afgörande med hänsyn till ett preparats verksamhet som kemotropikum, skall emellertid i korthet omnämnas i detta samband. Angående förekomsten af diastatiska ferment i assimilerande blad ha BROWN och MORRIS⁴⁾ konstaterat, att diastas alltid förefinnes i örtbladen, men hos olika växter i högst olika mängd. Genom att låta 10 gr. af den torkade och pulveriserade blads-substansen under 48 timmar inverka på stärkelselösning och därefter bestämma mängden af bildad maltos, kunde BROWN och MORRIS kvantitativt bestämma den i olika blad befintliga diastasen och ha på grundvalen af dessa bestämningar uppgjort en tabell, ur hvilken följande data må anföras:

10 gram maltdiastas	ge	634	gr. maltos
» <i>Pisum</i> -blad	»	240	» »
» <i>Lathyrus</i> -blad	»	100	» »
» <i>Tropæolum</i> -blad	»	4—10	» .
» <i>Hydrocharis</i> -blad	»	0,3	» »

¹⁾ Möjligt vore dock, att hämoglobinet sekundärt kunde impregneras med diastas från blodets serum.

²⁾ LIDFORSS: Ueber die Reizbewegungen der *Marchantia*-spermatozoiden, Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik, Bd. XLI, Heft 1.

³⁾ l. c. p. 77—78.

⁴⁾ BROWN and MORRIS: Journ. of the Chemical Soc. 1893. p. 660.

Undersöker man de af BROWN och MORRIS analyserade bladen med hänsyn till deras förmåga att kemotropiskt reta pollenslangar, d. v. s. placerar man med dest. vatten afspolade tvärsnitt af bladen i en stelnde gelatinkultur af t. ex. *Narcissus*-pollen, så finner man en bestämd parallellism mellan den af BROWN och MORRIS funna diastashalten och snittets kemotropiska retningsförmåga: *Pisum* och *Lathyrus* blad reta mycket starkt, *Tropæolum*- och *Hydrocharis*-blad föranleda ingen märkbar kemotropism. Emellertid vore det säkerligen förhastadt att på grund häraf vilja tillerkänna diastasen något monopol som pollenkemotropikum. Diastasens intensiva verkningar som kemotropikum torde till stor del bero därpå, att den diffunderar raskare ¹⁾ än de egentliga proteinämnen, hvilket förklarar den starka retningsverkan, som Papilionacébladen utöfva på pollenslangarne. Å andra sidan torde, såsom redan JOST framhållit ²⁾, den ringa diastatiska kraften hos *Hydrocharis*- och *Tropæolum*-blad stå i samband med dessa växters rikedom på garfsyra, som genom utfällning gör diastasen overksam. Då detta äfven gäller om proteinämnen, som af garfsyra öfverföras till olösliga föreningar, så erhåller dessa blads kemotropiska verkningslöshet härmed sin naturliga förklaring, utan att proteinämnenas förmåga att som sådana utöfva kemotropisk retning på pollenslangarne behöfver sättas i fråga.

* * *

I det föregående har endast afhandlats den kemotropism, som hos pollen slangarne utlöses af proteinämnen och närstående föreningar (diastas o. s. v.). Enligt MIYOSHI's undersökningar retas emellertid åtskilliga pollenslangar äfven af kolhydrater (druf-, frukt- och rörsocker samt dextrin), och det uppstår då den frågan, i hvad förhållande denna *saccharo-kemotropism* står till den hittills afhandlade proteokemotropismen. A priori föreligger ju å ena sidan den möjligheten, att liksom bladmossornas spermatozoer endast retas af kolhydrater, och *Marchantia*-spermatozoerna endast af proteinämnen, så kunde hos vissa bestämda växtgrupper endast kolhydrater, hos andra däremot endast proteuämnen utgöra de gent emot pollenslangarne verksamma kemotropica. Å andra sidan förefinnes äfven den möjligheten, att pollenslangarne hos en och samma växt kunna retas kemotropiskt så väl af proteinämnen som kolhydrater. Ett sådant analogt förhållande finna vi realiseradt hos t. ex. spermatozoerna af *Salvinia* ³⁾ och *Equisetum* ⁴⁾, hvilka liksom

¹⁾ BROWN and MORRIS.

²⁾ JOST: Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, p. 199.

³⁾ SHIBATA: Studien über die Chemotaxis der *Salvinia*-spermatozoiden, The Botanical Magazine, Vol. XIX N:o 219.

⁴⁾ LIDFORSS: Ueber die Chemotaxis der *Equisetum*-spermatozoiden, Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. Bd. XXIII, Heft 7. — SHIBATA: Ueber die Chemotaxis der Spermatozoiden von *Equisetum*, The Botanical Magazine, Vol. XIX N:o 223.

ormbunkspermatozoerna lockas af äpplesyra, men därjämte retas mycket starkt kemotropiskt af *calcium* och *strontium*-salter.

På det stadium, där mina pollenkemotropiska undersökningar befunno sig vid redigerandet af Studier I, förelågo åtskilliga fakta, som syntes tala för det förstnämnda alternativet. Så t. ex. befunnos pollenslangarne af *Agapanthus umbellatus*, som enligt MIYOSHI retas af kolhydrater och af honom användts som försöksobjekt vid konstaterandet af WEBERSKA lagens giltighet för saccharokemotropismen ¹⁾, vid odling i sockergelatin vara fullkomligt okänsliga gent emot de använda proteinämnen. Dessutom visade det sig, att pollenslangar af *Narcissus poeticus* i flera fall vuxo indifferentt förbi eller öfver klyföppningarne hos *Tradescantia*-blad, som injicerats med 5—10 % rörsockerlösningar. Under sådana förhållanden föreföll det sannolikast, att vissa pollenslangar retades af kolhydrater, andra af äggviteämnen, och i Studier I talas därför om sockerkänsliga och proteinkänsliga pollenslangar, dock med bestämdt framhållande af att »det antal familjer, angående hvilkas pollenkemotropism säkra data föreligga, ännu är alldeles för litet för att tillåta några generella slutsatser beträffande förekomsten och utbredningen af den komotropiska sensibilitetens olika former i växtriket» ²⁾.

På grund af de erfarenheter, som numera föreligga, måste det emellertid anses vara fullt bevisadt, att båda slagen af kemotropisk retbarhet kunna koexistera hos pollenslangarne af samma växt. Ett bestämdt vittnesbörd härom utgör bl. a. just pollenet af *Agapanthus umbellatus*, hvars slangar i rörs-agar intensivt retas af albumin, globulin o. s. v. Genom tillämpning af samma teknik som användts för att bestämma retningsströskeln och för hvilken utförligt redogöres i nästa kapitel, har det äfven lyckats mig att hos vissa Narcissinées t. ex. *Vallota purpurea* påvisa positiva krökningsrörelser, föranledda af 5—8 % rörsockerlösningar. Vid bedömandet af dessa försöks beviskraft ³⁾ måste emellertid äfven hänsyn tagas till det i Afdeln. VI närmare berörda förhållandet, att nämligen pollenslangarne i allmänhet äro osmotropiskt retbara. Ett särhållande af kemotropism och osmotropism hos pollenslangarne försvåras högst väsentligt däraf, att kolhydraternas osmotropiska inverkan här ej kan direkt jämföras med, resp. ersättas af isosmotiska saltlösningars, enär äfven i öfrigt oskadliga neutralsalter (KNO_3 , KCl , NaCl o. s. v.) redan vid låga koncentrationer verka starkt giftigt på pollenkornen. Då emellertid

¹⁾ MIYOSHI: Reizb. der Pollenschl., Flora 78, p. 81.

²⁾ Studier I, p. 19.

³⁾ I Studier I p. 4 angifves för påvisandet af saccharo-kemotropism hos pollenslangarne, en metod, som visserligen grundar sig på en fullt riktig tankegång, men som dock i praktiken ej alltid leder till inkastfria resultat. Om nämligen en växts pollenslangar retas af motsvarande märke i ren agar eller gelatin, men däremot icke i t. ex. 2—5 % rörsockeragar, så ligger det ju onekligen närmast till hands att i sistnämnda fall betrakta uteblifvandet af den kemotropiska reaktionen som en följd af och ett bevis för att den från märket i agar-kulturen utgående kemotropiska retningen verkligen förorsakas af rörsocker. Olikheten i försöksresultaten kan dock äfven bero därpå, att slangarne i rörsockerlösningen växa hastigare än de i ren agar och sålunda hinna växa förbi stiftet, innan ännu en tillräckligt stark diffusionszon af proteinämne eller diastas hunnit bildas. Jfr. sid. 9.

MYIOSHI uppger¹⁾, att de af honom studerade pollenslangarne intensivt retas af rörsocker, men däremot nästan alls icke («fast gar nicht») af isosmotiska maltoslösningar, så måste man, förutsatt att denna uppgift är riktig²⁾, häri se ett bevis för att de ifrågavarande krökningsrörelserna verkligen äro af kemotropisk natur.

Hvad slutligen *sensibiliteten* för proteinämnen beträffar, så måste denna *bero på en helt annan perceptionsprocess* än den, som äger rum vid retningen medels kolhydrater. Detta följer omedelbart af det förhållandet, att proteinämnenas förmåga att utlösa kemotropiska krökningsrörelser hos pollenslangarne (i och för sig) på intet sätt påverkas af samtidigt närvarande kolhydrater. Vi måste alltså antaga, att det hos pollenslangarne finnes en särskild perceptionsapparat för proteinämnen, en annan för kolhydrater.

2). Retningströskeln.

En noggrann bestämning af den minimala koncentration, som kräfvades för att utlösa en synlig kemotropisk reaktion, stöter på icke obetydliga svårigheter. I främsta rummet beror detta därpå, att de kemotropiska krökningarna äro tillväxtrörelser, som kräva en *viss tid* för att realiseras, medan t. ex. den kemotaktiska reaktionen kan införas momentant. Innan reaktionstiden lupit till ända, kan därför ett koncentrationsfall, som i sin ursprungliga storlek räckte till för att framkalla en reaktion, ha hunnit utjämnas, och den äfven hos pollenslangarne befintliga autotropismen sörjer då för, att den ursprungligen inducerade reaktionen ej kommer till stånd. — En annan omständighet, som äfven är egnad att till en viss grad göra de erhållna värdena för retningsminimum illusoriska, är proteinämnenas konstanta halt af föroreningar, hvilkas grumlande inverkan på resultaten härvidlag ligger i öppen dag.

Emellertid framgår det redan af den intensiva kemotropiska inverkan, som en del *i rent vatten mycket svårösliga* proteinämnen (kasein, globulin, nuklein o. s. v.) utöfva på pollenslangarne, att retningströskeln i dessa fall ligger synnerligen lågt.

¹⁾ Botan. Zeit. 1894 p. 25.

²⁾ I MYIOSHI's pollenfysiologiska arbeten finnas enstaka uppgifter, angående hvilkas tillförlitlighet jag på grund af egna erfarenheter måste hysa vissa tvifvelsmål. Så t. ex. uppges i Flora Bd. 78 p. 80, att pollenslangarne af *Hesperis matronalis* kemotropiskt (och positivt) retas af ovula, tillhörig samma växt, om de växa på agartärningar, innehållande 0,25 %, 0,5 % och 1 % rörsocker och fuktade med en sockerlösning af samma koncentration, men att den kemotropiska reaktionen uteblir, om agartärningarna innehålla 2 % rörsocker. På grund häraf och under förutsättning af att den WEBERSKA lagen har samma giltighet för *Hesperis* som för *Agapanthus* drar nu MYIOSHI den slutsatsen, att det af *Hesperis*-märket afsöndrade retmedlet består af en 0,4 % rörsockerlösning. — I de kulturförsök, som af mig anstälts under ofvan angifna försöksbetingelser, har det stora flertalet pollenkor af *Hesperis* brustit i 0,25—1-procentiga rörsockerlösningar; i starkare sockerlösningar har däremot konstaterats en tydlig protekemotropism. I betraktande af pollenets variabla beskaffenhet och äfven med tanke på att MYIOSHI's undersökning utförts under PFEFFER's ledning, vågar jag dock för närvarande ej bestrida riktigheten af dessa MYIOSHI's uppgifter.

Några exakta värden kunna naturligtvis ej erhållas på denna väg, då substansen användes i fast form.

För att något närmare kunna bestämma retningströskeln ha därför försök anstälts med diastaslösningar. Försöken utfördes på så sätt, att pollenkornen fingo gro i en på objektglaset utbredd gelatindroppe, i hvars midt före stelnandet placerats en glaspärla. Efter 1—2 timmar, då slangarne befunno sig i rask tillväxt, borttogs glaspärlan försiktigt med en pincett, och i det på detta sätt uppkomna runda hålet ifylldes nu en diastaslösning af bestämd koncentration. Den från det centrala runda hålet i centrifugal riktning genom gelatinet diffunderande diastasen utlöste nu, allt efter lösningens koncentration, starkare eller svagare kemotropiska krökningsrörelser, hvilkas uppträdande och förlopp direkt kunde fullföljas under mikroskopet.

Som försöksväxt vid dessa experiment tjänade mestadels *Vallota purpurea*, hvars pollen gror raskt och jämnt, och hvars pollenslangar äga en starkt utbildad känslighet gent emot proteinämnen.

Med tillhjälp af den nu skildrade försöksmetoden har det kunnat påvisas, att *Vallota's* pollenslangar ännu af 1- och 0,1-procentiga diastaslösningar föranledas till tydliga positivt kemotropiska krökningar. Med lösningar af en diastashalt under 0,1 % erhöles däremot inga säkra resultat. Med iakttagande af de ofvan gjorda reservationerna skulle alltså retningströskeln i detta fall kunna fastställas till 0,1 % diastas. För andra, mindre känsliga pollenslangar torde den ligga åtskilligt högre.

3). *Reaktionstiden.*

Med reaktionstid betecknar man som bekant numera den tid, som åtgår från det ögonblick irritamentet börjar verka och till den tidpunkt, då en synlig reaktion börjar inträda. Då reaktionstiden bland annat äfven är afhäufig af tillväxthastigheten, är det tydligt att denna storhet kommer att bli olika, allt efter den inverkan kulturmediets beskaffenhet utöfvar på pollenslangarnes tillväxthastighet. I sockerlösningar af optimal koncentration ernär reaktionstiden sina minsta värden, men blir större i den mån tillväxthastigheten sjunker på grund af kulturvätskans allt för stora eller allt för ringa osmotiska kraft. Det hufvudsakliga intresset anknyter sig naturligtvis till sådana värden, som erhållas med under *optimala* betingelser växande pollenslangar.

Reaktionstiden kan utan svårighet bestämmas antingen därigenom, att på en i tillväxt stadd gelatin- (eller agar-)kultur placeras ett fragment af proteinämnet i fast form, som då sjunker ned i gelatinet och i den mån det löses blir centrum i en kemotropiskt verkande diffusionszon. Denna metod kan emellertid endast användas vid experiment med *lättlösliga proteinämnen* t. ex. diastas och albumin, hvarvid naturligtvis lösnings- och diffusionstid måste frånräknas. Säkrare reslutat erhålles genom att anbringa retämnet i löst form och då lämpligen i en kavitet i gelatinet, såsom ofvan skildrats.

På detta sätt har reaktionstiden för kraftigt växande pollenslangar af *Vallota purpurea* befunnits utgöra omkring 5 minuter, för *Tradescantia virginica* och *Narcissus Tazetta* 2—3 minuter. För andra mindre känsliga pollenslangar erhållas vida högre värden.

En bestämning af presentationstiden d. v. s. *den minsta tid*, under hvilken irritamentet måste verka för att en reaktion skall komma till stånd, har af lätt insedda skäl ej kunnat verkställas.

4). *Repulsionsfenomen.*

I »Studier I» p. 13 har utförligt redogjorts för de repulsionsverkningar, som diastas i viss koncentration åstadkommer hos pollenslangarne af *Scilla campanulata* och som äfven framkallas af det papillklädda märket hos *Hæmanthus globosus*. Af den l. c. lemnade redogörelsen framgår det tydligt nog, att repulsionen i detta fall utgått från själfva proteinämnet (diastasen) och ej förorsakats af inblandade föreningar.

Sådana af proteinämnen framkallade repulsionsverkningar synas emellertid mycket sällan förekomma hos pollenslangarne. Så t. ex. har det hittills ej varit möjligt att framkalla några som helst repulsionsfenomen af detta slag hos Narcissinéerna, oaktadt hithörande växter, såsom redan framhållits, i allmänhet utmärka sig för ett gent emot proteinämnen ytterst känsligt pollen. Äfven de mest koncentrerade diastaslösningar ¹⁾ utlöste t. ex. hos pollenslangarne af *Vallota purpurea*, endast positivt kemotropiska krökningar. För öfrigt är ju redan den hos många pollenslangar förefintliga benägenheten att tränga in i den retande proteinmassan ett tydligt vittnesbörd om att någon negativ proteokemotropism hos dem ej kan träda i verksamhet.

Däremot förmå en del ämnen, hvilka samtidigt utöfva mer eller mindre intensiva giftverkningar, att framkalla utprägladt negativ kemotropism hos många pollenslangar ²⁾. Detta gäller dels om vissa tungmetallsalter, t. ex. kopparsalter i

¹⁾ Erhållna genom upplösning af 1 gr. diastas i 10 gr. H₂O.

²⁾ I MYIOSHI'S första arbete (Botan. Zeit. 1894 p. 25) uppgifves att alkohol, ammoniumfosfat, kalisalpetet och äpplesyradt natron verka »mer eller mindre repulsivt» på pollenslangarne af de undersökta arterna. Härvid är dock att märka, att den tankegång, som ledt MYIOSHI vid försöken öfver negativ kemotropism, involverar ett metodologiskt fel af betydelse. För att konstatera kemotropiska repulsionsverkningar förför MYIOSHI på följande sätt (Bot. Zeit. p. 19): »Mit einem Stoff, der uns schon als anlockend bekannt ist, mischen wir einen andern, dessen Wirkung geprüft werden soll. Ist die anziehende Wirkung des ersten Stoffes nun in nichts gemindert, so schliessen wir auf vollständigen Indifferentismus des letzteren. Bleibt hingegen eine Anlockung aus, so können wir behaupten, dass der zweite Stoff auf die Hyphe abstossend wirkt.» MYIOSHI förbiser här, att ett uteblifvande af den kemotropiska reaktionen äfven kan komma till stånd därigenom, att den tillsatta substansen utan att i och för sig verka repulsivt, försvagar eller upphäver hyfernas resp. pollenslangarnes sensibilitet för det retande ämnet och härigenom förorsakar uteblifvandet af reaktionen. De i texten af förf. lemnade uppgifterna grunda sig därför enbart på sådana försök, där verkliga repulsionskrökningar direkt iakttagits.

mycket utspädda lösningar ¹⁾ samt om en del *sura*, icke alltför lösliga salter t. ex. *sur äpplesyrad kalk*. Placeras några korn af detta tämligen långsamt diffunderande salt på en sockeragarkultur af *Tradescantia*-pollen, så dö de närmast ligande kornen utan att 'gro, men i diffusionszonens periferi växa nästan alla slangar radierande bort från diffusionscentrum, påtagligen drifna af negativ kemo-tropism. — På samma sätt verka äfven en del märken och snittytor från stift tillhörande andra växter, särskildt på *Narcissiné* och *Commelynacé*-pollen. (Jfr. sidd. 7—8).

Under de i naturen herskande förhållandena torde emellertid dessa repulsionsverknningar spela en i hvarje fall högst underordnad rol, och de ha därför ej heller gjorts till föremål för några utförligare undersökningar. Pollenslangarnes förmåga att undfly ett giftigt kopparsalt är emellertid af ett visst teoretiskt intresse, såsom ett nytt exempel på de *latent retbarheter*, som stundom förefinnas hos växternas organ, och som särskildt af SACHS ²⁾ erhållit sin vetenskapliga belysning och värdesättning.

V. Hydrotropism.

En sådan retbarhet har redan konstaterats af MYIOSHI, ehuru med tillhjälp af en tämligen vansklig försöksteknik ³⁾. I vissa fall kan man emellertid påvisa den ifrågavarande tropismen på ett enklare sätt. Härtill lämpa sig dock endast sådana pollenslangar, som röja benägenhet att i starkt fuktig luft växa ut ur kultursubstratet ut i luften. Överför man ett sådant preparat i torrare (dock icke alltför torr) luft, med iakttagande af att objektivglasets öfversida med gelatin- eller agardroppen är vänd nedåt, så finner man, att de ifrågavarande slangarne kröka sig uppåt och smyga sig tätt utefter det fuktiga kultursubstratet alldeles som rötter i hydrotropiska försök smyga utefter den fuktiga stramaljen. Orsaken är tydligen i båda fallen densamma, alltså positiv hydrotropism. — Underlåter man att vid dessa försök vända preparatet med kulturdroppen nedåt, löper man fara att med positivt hydrotropiska krökningar förväxla sådana kollapser, som ofta inställa sig hos pollenslangarne till följd af minskad turgescens, framkallad genom vattenförlusten i den torra luften.

Medels den ofvan skildrade förinställningen har positiv hydrotropism kunnat påvisas hos pollenslangarne af *Bromelia vittata* och *B. amœna*, *Iris Pseudacorus*,

¹⁾ Jfr. Studier I p. 9.

²⁾ SACHS: Über latente Reizbarkeiten, Flora 1893, Heft 1.

³⁾ MYIOSHI: Ueber Reizbeweg. der Pollenschläuche, Flora Bd. 74 (1894), p. 90.

Lilium Martagon, *Oenothera biennis*, *Epilobum angustifolium*, *Fuchsia virgata* m. fl. Troligen är positiv hydrotropism vidt utbredd hos pollenslangarne.

Nära besläktade med de hydrotropiska äro några riktningrörelser, som dock måste hållas i sär från de förra såsom varande yttringar af en särskild tropism, nämligen osmotropism.

VI. Osmotropism.

Riktningrörelser, som förorsakas af i vatten lösta ämnen, hvarvid dessa ämnen icke verka på grund af sina kemiska egenskaper, utan genom det osmotiska tryck de utöfva, ha först konstaterats af MASSART ¹⁾. Negativ osmotaxis fann MASSART hos några i sött vatten lefvande bakterier (*Spirillum Undula* och *Bacterium Megatherium*), positiv osmotaxis däremot hos några i hafvet lefvande spiriller. MASSART'S undersökningar på detta område ha sedermera fullföljts och fördjupats af ROTHERT ²⁾, hvars ifrågavarande arbete dock endast behandlar fritt rörliga organismer.

Angående osmotropiska rörelser d. v. s. tillväxtkrökningar, förorsakade af lokala differenser i mediets osmotiska tryck, förefinnas endast sporadiska uppgifter i litteraturen. I JOST'S förträffliga »Vorlesungen über Pflanzenphysiologie» omnämnes osmotropism alls icke, och äfven i PFEFFER'S handbok ³⁾ finner man i kapitlet »Chemotropismus und Osmotropismus» utom allmänna betraktelser öfver osmotropismens väsen endast den uppgiften, att osmotropisk retbarhet förefinnes hos vissa mögelsvampars mycelium och »wohl auch von dem verschiedener anderer Pilze». Uppgiften om osmotropismens förekomst hos mögelsvamparne stöder sig på arbeten af MYIOSHI ⁴⁾ och STEYER ⁵⁾ där emellertid denna tropism behandlas skäligen fragmentariskt. Några andra uppgifter om osmotropismens utbredning i växtriket föreligga, så vidt jag vet, icke.

Hos *alla* i detta hänseende undersökta pollenslangar förefinnes emellertid en väl utpräglad negativ osmotropism. Tekniken vid dessa på osmotropism riktade försök har gemenligen varit följande:

Pollenkornen utsås i *den yttersta kanten* af gelatin- eller agardroppen, hvars sockerhalt väljes tämligen låg, dock ej så låg, att pollengroningen skadligt influeras.

¹⁾ MASSART: Archives de Biologie, Bd. 9 (1889) p. 575.

²⁾ Densamme: Bullet. Acad. Belg., Bd. 22.

³⁾ ROTHERT: Beobachtungen und Betrachtungen über die taktischen Reizerscheinungen, Flora, Bd. 88 (1901).

⁴⁾ PFEFFER: Pflanzenphysiologie. 2. Aufl., Bd. II, pp. 581—586.

⁵⁾ MYIOSHI: Ueber Chemotropismus der Pilze, Bot. Zeit. 1894.

⁶⁾ K. STEYER: Ueber Reizkrümmungen bei Phycomyces, Leipzig 1901.

Preparatet förvaras att börja med i starkt fuktig luft, men öfverföres sedermera, när slangarne nått en viss längd, i torrare luft, så att en lifligare afdunstning äger rum. Genom det sätt, hvarpå afdunstningen under dessa omständigheter sker, blir sockerkoncentrationen i kulturdroppens kant starkare än i droppens midtpartier, hvartill kommer att de utväxande slangarne upptaga vatten i större proportion än socker, så att äfven härigenom en koncentrerung af sockerhalten vid droppens kanter kommer till stånd. Under sådana omständigheter fly pollenslangarne, drifna af negativ osmotropism, den högre koncentrationen och växa rakt inåt, centripetalt, så att förhållandena i ett sådant preparat (utan täckglas) på ett öfverraskande sätt påminna om de riktningrörelser, som ofta uppträda i med täckglas betäckta pollenkulturer, och som af MOLISCH m. fl. tolkats som yttringar af negativ aërotropism. Använder man pollen med större korn och grofva slangar t. ex. *Vallota purpurea* eller *Epilobium angustifolium*, kan pollenslangarnes centripetala regelbundna tillväxt-riktning utan svårighet iakttagas makroskopiskt.

En dylik negativ osmotropism har efter den här angifna metoden kunnat påvisas hos pollenslangarne af en mängd växter, så t. ex. hos alla de i det föregående nämnda arterna af släktena *Narcissus*, *Vallota*, *Hæmanthus*, *Imantophyllum*, *Lilium*, *Impatiens*, *Tropæolum*, *Epilobium*, *Oenothera*, *Lythrum* o. s. v. Man torde näppeligen taga fel, om man betraktar den negativa osmotropismen som en allmänt utbredd egenskap hos angiospermernas pollenslangar.

Att de i detta kapitel behandlade riktningrörelserna verkligen äro af osmotropisk och ej af kemotropisk natur framgår, utom af de redan berörda förhållandena, äfven af de resultat, som erhållits med sådana kulturer i gelatin eller agar, där sockret varit ersatt af *glycerin*. I 3—6-procentiga glycerinlösningar (isosmotiska med 6—12-procentiga druf- och 12—25-procentiga rörsockerlösningar) växa många pollenslangar lika bra, stundom t. o. m. bättre än i motsvarande sockerlösningar. Nu har redan MYIOSHI¹⁾, hvars uppgifter på denna punkt jag tillfullo kan bekräfta, påvisat att glycerinen *icke* är i stånd att utlösa kemotropiska retningsrörelser hos pollenslangarne. Odlar man nu pollen af t. ex. *Narcissus poeticus* under de försöksbetingelser, för hvilka ofvan redogjorts, i 1,5—3-procentig glycerin-gelatin resp. glycerin-agar, så finner man att slangarne växa centripetalt inåt från droppens kant mot dess midt med lika stor precision som i isosmotiska rörsockerlösningar — tydligen ett ytterligare bevis för att dessa irritationsrörelser äro af osmotropisk art.

Vid de osmotropiska retningsfenomenen inträder mycket ofta, man vore nästan frestad att säga som regel, en ökning af tillväxthastigheten, som enligt den af CZAPEK införda terminologien bör betecknas som osmo-dolichosis. Har man i en lagom starkt afdunstande socker-gelatinkultur utsatt pollenkorn dels i kanten, dels i droppens midt, så retas åtminstone under de första timmarne de i centrum befintliga slangarne *icke* osmotropiskt. Jämför man nu t. ex. efter tre timmars förlopp de perifert belägna och osmotropiskt retade slangarne med de centralt liggande

¹⁾ Bot. Zeit. 1894, p. 26

vattenväxter (*Elodea*, *Batrachium*, *Ceratophyllum*) eller algrådar (*Spirogyra*, *Zygnema*), så visade det sig, naturligtvis under förutsättning att det hela utsattes för lämplig belysning, att de i närheten af den naturliga syrealstraren befintliga kornen (men endast dessa) drefvo normala slangar, som emellertid ej visade någon som helst orientering i förhållande till syrekällan. På grund häraf samt på grund af hvad som redan anförts i det föregående angående osmotropismens ¹⁾ rol vid den centripetala tillväxtriktningen drogs (Studier I, p. 23 och ff.) den slutsatsen, att en negativ aërotropism öfverhufvudtaget ej existerade hos pollenslangarne.

Fortsatta försök med naturliga syreafsöndrare ha emellertid visat, att denna slutsats, hvars logiska berättigande är odisputabelt, dock ej äger generell giltighet. Använder man nämligen i stället för de ofvannämnda syrealstrarne friska, i god kondition varande *mossblad*, så erhåller man i vissa fall icke blott pollengroning, utan äfven tydlig negativ aërotropism, yttrande sig däri, att pollenslangarne växa rakt ut vinkelrätt från den syrealstrande bladkanten. Synnerligen instruktiva resultat ha i detta hänseende erhållits med pollen af *Narcissinées* t. ex. *Hemanthus puniceus*, *Narcissus poeticus* och *N. Tazetta* m. fl.

Vid anställandet af aërotropiska försök enligt den nu angifna metoden har man emellertid särskildt att aktgifva på två omständigheter. För det första att de som syrealstrare tjänande bladen äro friska och ej själfva utöfva någon kemotropisk inverkan på pollenslangarne: detta är, såsom redan framhållits, fallet med diastasrika örtblad t. ex. af *Papilionacées*; sådana objekt äro naturligtvis odugliga för aërotropiska försök. För det andra gäller det att välja så låga sockerkoncentrationer, att assimilationen ej nedsättes i högre grad, enär man då riskerar att antingen groningen uteblir eller att den alstrade syremängden visserligen räcker till för ett framkalla groningen, men ej för att utlösa negativ aërotropism. En sådan neutral zon, där pollenkornen grott, utan att slangarne visa någon som helst orientering i förhållande till syrekällan finner man för öfrigt i försök med *mossblad* regelbundet på gränsen mellan det fält, där slangarne retats aërotropiskt och det område, där ingen groningen kommit till stånd. Förhållandet erinrar om hvad som äger rum t. ex. i en 20 % rörs.-agarkultur af *Leucojum aestivum* med inströdda korn af alkalialbuminat: närmast kring proteinsubstansen inträder groningen och stark positiv kemotropism, därpå följer en zon, där visserligen groningen, men ingen kemotropism förefinnes, och slutligen det vida fält, där äfven groningen uteblifvit.

Att den negativa aërotropismen uteblifvit i de försök med levande syrealstrare, för hvilka redogjorts i Studier I p. 23, beror tydligen därpå, att de klorofyllhaltiga blad- och alfracment, som kommit till användning i dessa försök, ej producerat större syremängder än att dessa förbrukats vid pollenslangarnes andning i den

¹⁾ I Studier I tolkas de ifrågavarande riktningsrörelserna som yttringar af *hydrotropism*. Ehuru många omständigheter tala för riktigheten af ROTHERT's åsikt att *hydrotropism* och *osmotropism* utlösas af samma retningsorsak (Flora 1901), torde de båda tropismerna dock tills vidare böra hållas åtskilda, och de här behandlade rörelserna då uppföras som yttringar af *osmotropism*. Jfr. PFEFFER, Pflanzenphysiologie, Zweite Auflage, Bd. II p 581.

mån de diffunderat ut i mediet ¹⁾). Orsaken till den relativt ringa syreproduktionen torde vara att söka dels i de använda växtdelarnes specifika beskaffenhet, dels i den omständigheten att assimilationsenergien blifvit nedsatt på grund af mediets sockerhalt, i det att de gröna cellerna utifrån upptagit socker, som vid en anhopning i cellen till en viss koncentration nedsätter eller eventuellt fullständigt för-lamar kolsyreassimilationen ²⁾).

Det nu berörda förhållandet bidrager att i afsevärd grad inskränka användbarheten af syrgasafsöndringsmetoden i och för påvisandet af negativ aërotropism. Ty redan när det gäller sådana pollenslangar, hvilkas gronings- och tillväxtoptimum ligger vid 20 % rörsocker, nedsättes ofta de klorofyllförande cellernas assimilationsenergi högst betänkligt, och i sockerlösningar af 25—40 % rörsocker kunna i regeln inga resultat påräknas. Å andra sidan är den metod, enligt hvilken MOLISCH trodde sig kunna påvisa och faktiskt i vissa fall påvisat en negativ aërotropism, ej heller användbar i oinskränkt grad, då ju äfven i starkt fuktigt rum en afdunstning äger rum och härigenom, liksom äfven genom de växande pollenslangarnes vatten upptagande, betingelserna för osmotropisk retning komma till stånd. Det lider dock intet tvifvel, att dessa svårigheter i framtiden skola kunna öfvervinnas genom en rationellt varierad försöksanordning (användning af gröna celler med hög och i nödfall med konst stegrad turgör o. s. v.).

På det stadium, där pollenfysiologien för närvarande befinner sig, kan emellertid redan med bestämdhet fastslås, att aërotropismen ingalunda, såsom fallet synes vara med kemo- och osmotropismen, är en retbarhet, som tillkommer flertalet eller kanske alla pollenslangar. Den är tvärtom med säkerhet begränsad till vissa bestämda familjer, släkten eller arter. Otvetydig aërotropism har jag hittills kunnat påvisa hos flertalet af de i det föregående omnämnda representanterna för familjerna *Commelynaceæ*, *Narcissineæ*, *Bromeliaceæ*, *Crassulaceæ*, *Personateæ*, *Cinchonaceæ*.

Slutigen må framhållas, att frånvaron af aërotropism ofta röjer sig därigenom, att pollenslangarne (i kulturer utan täckglas) växa ur gelatin resp. agarlösningen ut i luften. Å andra sidan kan den negativa aërotropismen under liknande kultur-betingelser göra sig märkbar däri, att slangarne från pollenkorn, som ligga tätt tillsammans i för öfrigt isolerade grupper, slingra sig tillsammans och bilda form-liga nystan eller bylten. Fenomenet erinrar i viss mån om Paramæciernas bekanta benägenhet att hopa sig samman i täta skaror, men förorsakas påtagligen ej af begär efter den utandade kolsyran, utan af pollenslangarnes sträfvan att uppsöka syrgasfattiga ställen i preparatet.

*

*

*

¹⁾ De resultat, som erhållits genom att nedsänka täckglaskulturen under vatten (Studier I, p. 26), bero tydligen dels på ringa syretillgång, dels därpå att afdunstningen och därmed möjligheten för den negativa osmotropismens inträdande varit fullkomligt upphäfd.

²⁾ SAPPOSCHNIKOFF: Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1891 och 1893; EWART, Journal of the Linn. Soc. 1896, Bd. 31.

Den biologiska betydelsen af de i dessa studier behandlade irritationsrörelserna ligger i öppen dag och har för öfrigt i största allmänhet redan behandlats af MYIOSHI ¹⁾. Däremot saknar man ännu detaljerade och målmedvetna undersökningar angående de organisationsförhållanden i märke, stift och fruktämne, som så att säga korrespondera med de hos pollenslangarne inneboende retbarheterna. I själfva verket ha sådana undersökningar ej heller kunnat planläggas, ännu mindre utföras, så länge man ännu sväfvade i okunnighet om pollenslangarnes fysiologiska egenskaper. Genom kännedomen härom öppnas ett nytt fält för den biologiska forskningen, på hvilket säkerligen många intressanta rön stå att göra, men som ligger utanför den för dessa undersökningar utstakade ramen.

¹⁾ Flora, 78 p. 88—90.



Innehåll.

I.	Litteraturofversikt	p.	3
II.	Metodologiska anmärkningar	»	8
	Proteinämnenas inverkan på pollengröningen	»	10
III.	Proteokemotropismens utbredning bland angiospermerna	»	10
	Speciella iakttagelser	»	12
	Monocetyledones	»	12
	Dicotyledones	»	19
IV.	Allmänna resultat angående den kemotropiska reaktionen	»	26
	De kemotropiskt verksamma ämnenas kemiska kvalitet	»	26
	Retningströskeln	»	32
	Reaktionstiden	»	33
	Repulsionsfenomen	»	34
V.	Hydrotropism	»	25
VI.	Osmotropism	»	36
VII.	Aërotropism	»	38

Kongl. Fysiografiska Sällskapets sammanträden
1904—1905.

1904, d. 12 oktober:

Herr BORELIUS meddelade en summarisk redogörelse för 359 fall af blindtarmsinflammation å lazarettet i Lund under tiden januari 1899—september 1904, af hvilka 260 opererats.

Herr MOBERG redogjorde för ceratopygeregionen såsom undersilurens bas.

Herr FÜRST lemnade en redogörelse för manubrium sterni och dess utveckling.

1904, d. 9 november:

Herr ARESCHOUG höll föredrag om anledningen till parasitismen bland de högre växterna och om uppkomsten af parasitväxternas egendomliga organisation.

Herr HENNIG omtalade Pachydictya och Phænospora från Gotlands öfversilur.

Herr ROSÉN redogjorde för elektriska strömnars fortplantning i kablar.

1904, d. 7 december:

Herr MURBECK redogjorde för parthenogenesis hos växtsläktena Hieracium och Taraxacum.

Herr CHARLIER lemnade en framställning om sannolikhetskalkylens användning på utvecklingsläran.

Herr BERGENDAL refererade en af T. FREIDENFELT författad och till införande i Sällskapets Handlingar anmäld afhandling med titel: »Ueber den feineren Bau des Visceralganglions von Anodonta».

1905, d. 8 februari:

Herr RYDBERG lemnade en redogörelse för entydiga dimensionsformler.

Herr WALLENGREN höll föredrag om centrosomfrågan hos flimmerceller.

1905, d. 8 mars:

Herr BERGENDAL förevisade ett från Skrea sand i Halland erhållet exemplar af Maurolicus Mülleri och redogjorde för lysorganen hos fiskar.

Herr CHARLIER redogjorde för nyare undersökningar i sannolikhetskalkyl.

1905. d. 12 april:

Herr BÄCKLUND höll föredrag om termoelektricitet.

Herr HENNIG gaf en framställning om dynamometamorfa diabaser såsom angifvande den algonkinska bergskedjans östra gräns.

1905, d. 10 maj:

Herr ARESCHOUG redogjorde för skyddsmedlen mot köld hos öfvervintrande blad af nordiska växter.

Herr QUENNERSTEDT lemnade en framställning om falksläktet, särskildt jaktfalkarne.

Herr HENNIG höll föredrag om utvittrade diabasgångar på Söderåsen och Kullen i Skåne.

Herr FÜRST förevisade och redogjorde för några nya, här konstruerade vinkel-mätninginstrument för antropologiskt ändamål.

mineralbasernas funktioner i de högre växterna, af *A. Romanus*. Om cyperaceerna, inbjudning till filosofie doktorspromotionen d. 31 maj 1897, af Promotor. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1896—97 — **Bd. 9.** Der Fettgehalt der Moose, von *B. Jönsson* und *E. Olin*. Elektrische und magnetische Theorien, von *A. V. Bäcklund*. Några konsekvenser af Webers lag för elektriska massor, tillämpad på materiella punkter, af *C. Delin*. Iakttagelser öfver tillväxtriktningen hos mossorna, af *B. Jönsson*. Grunddragen af en kometteori, af *J. R. Rydberg*. Kullens kristalliniska bergarter. 1. Den prekambrika Granitit-, Banatit-, Hypersthengabbroserien, af *A. Hennig*. Contributions à la connaissance des Primulacées—Labiées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie, par *S. Murbeck*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1897—98. — **Bd. 10.** Researches into the Monograptidæ of the Scanian Bastarites beds, by *S. L. Törnqvist*. Om egendomliga innehållskroppar hos bromeliaceerna, af *G. Wallin*. Contribution à la connaissance des Plombaginées-Graminées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie, par *S. Murbeck*. Analecta algologica, continuatio V, auct. *J. G. Agardh*. Kullens kristalliniska bergarter. 2. Den postsiluriska gångformationen, af *A. Hennig*. Studien über Rheotropismus bei den Keimwurzeln der Pflanzen. I. Allgemeine Untersuchungen, von *A. Berg*. Tafeln zur Berechnung der Präcession zweiter Ordnung für 1900,0, von *A. A. Psilander*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1898—99. — **Bd. 11.** Contributions à la connaissance des Graminées-Polypodiacées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie avec un appendice, par *S. Murbeck*. Studier öfver ciliata infusorier, IV, af *H. Wallengren*. Bidrag till kännedomen om botulismens bakteriologi, af *I. Forssman*. Bidrag till den tuberkulösa pleuritens patologiska anatomi, af *E. Wadstein*. Studier öfver Nemertiner, I. Callinera Bürgeri Bergendal, en representant för ett afvikande släkte bland palæonemertinerna, af *D. Bergendal*. Zur Theorie der relativ-Abelschen Zahlkörper, von *A. Wiman*. Parthenogenetische Embryobildung in der Gattung Alchemilla, von *S. Murbeck*. Hülfsstafeln zur Berechnung der säkularen Störungen der kleinen Planeten, von *G. Norén* u. *S. Raab*. Ueber das Verhalten des Pollenschlauches bei Alchemilla arvensis (L.) Scop. und das Wesen der Chalazogamie, von *S. Murbeck*. Malaria och Mosquitos, inbjudning till medicine-doktorspromotionen den 31 maj 1900, af Promotor. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1899—1900. — **Bd. 12.** Fall af traumatiskt uppkommen ryggmärgsaffektion, af *Karl Petré*. Studier öfver Nemertiner, I. Callinera Bürgeri Bergendal, en representant för ett afvikande släkte bland palæonemertinerna, kapitel 6—11 (Fortsättning), af *D. Bergendal*. Contributions to the astronomical theory of an Ice age, by *C. V. L. Charlier*. Studier öfver pollenslangarnes irritationsrörelser, af *B. Lidforss*. Researches into the graptolites of the Scanian and Vestrogothian Phyllo-Tetragraptus beds, by *Sv. Leonard Törnqvist*. Zur Kenntnis des Baues und der Entwicklung des Thallus bei den Desmarestieen, von *B. Jönsson*. Bidrag till teorien för vågrörelse i strömmar, af *C. W. Oseen*. Utgräfningarne af Tycho Brahes observatorier på ön Hven sommaren 1901, festskrift i anledning af 300-årsdagen af Tycho Brahes död, af *C. V. L. Charlier*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1900—1901. — **Bd. 13.** Die ersten Entwicklungsstadien der Keimpflanze bei den Succulenten, von *B. Jönsson*. Über Anomalien im Baue des Nucellus und des Embryosackes bei parthenogenetischen Arten der Gattung Alchemilla, von *S. Murbeck*. Studien über Nemertinen, II. Valencinura bahusiensis, Bgd., ein Beitrag zur Anatomie und Systematik der Heteronemertinen, von *D. Bergendal*. Termoelektrisk Hysteresis, af *A. Upmark*. Bidrag till Bornholms fossila flora, Pteridofyter, af *Hj. Möller*. Zur Kenntnis des anatomischen Baues der Wüstenpflanzen, von *B. Jönsson*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1901—1902. — **Bd. 14.** Der Musculus popliteus und seine Sehne, von *C. M. Fürst*. Studien über Nemertinen, III. Beobachtungen über der Bau von Carinoma Oudemans nebst Beiträgen zur Systematik der Nemertinen, von *D. Bergendal*. Fysikens utveckling till allmän tillståndslära. Inbjudning till filosofie doktorspromotionen den 29 maj 1903, af *J. R. Rydberg*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1902—1903. — **Bd. 15.** Zur Kenntnis der Histogenese und des Wachstums der Retina, von *C. M. Fürst*. Researches of the graptolites of the lower zones of the Scanian and Vestrogothian Phyllo-Tetragraptus beds, II, by *S. L. Törnqvist*. Zur Theorie der mehrdeutigen automorphen Funktionen, von *T. Brodén*. Om det osmotiska trycket, af *A. V. Bäcklund*. Ueber den feineren Bau des Visceralganglions von Anodonta, von *T. Freidenfelt*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1903—1904.

Lunds Universitets Årsskrift. N. F. Afd. 2. Bd 1.

K. Fysiografiska Sällskapets Handlingar. N. F. Bd 16.

Pris kr. 15:00.

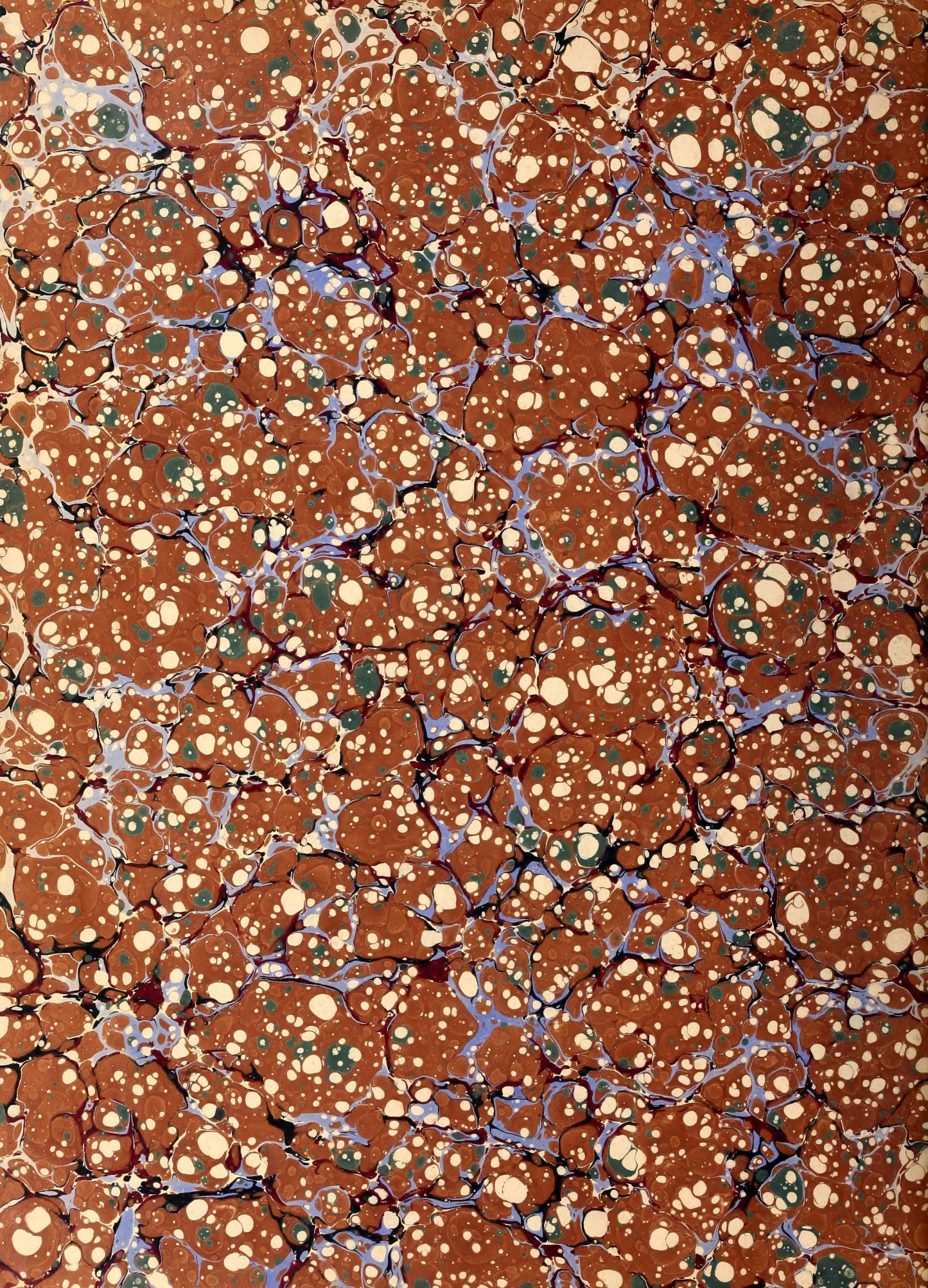
Innehåll:

1. BÄCKLUND, A. V., Om sammanhanget mellan osmotiskt och elektriskt tryck. (Pris 2:75.)
2. WALLENGREN, H., Zur Biologie der Muscheln. I. Die Wasserströmungen. (Pris 5:50.)
3. WALLENGREN, H., Zur Biologie der Muscheln. II. Die Nahrungsaufnahme. (Pris 5:00.)
4. MURBECK, S., Contributions à la connaissance de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie. Deuxième série. (Pris 6:00.)
5. CHARLIER, C. V. L., Researches into the theory of probability. (Pris 5:00.)
6. LIDFORSS, B., Studier öfver pollenslangarnes irritationsrörelser. II. (Pris 2:00.)

7. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1904—1905.

De närmast föregående bandens innehåll: se omslagets 2 och 3 sida.

Hvarje afhandling säljes särskildt.





SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES



3 9088 01357 4454

